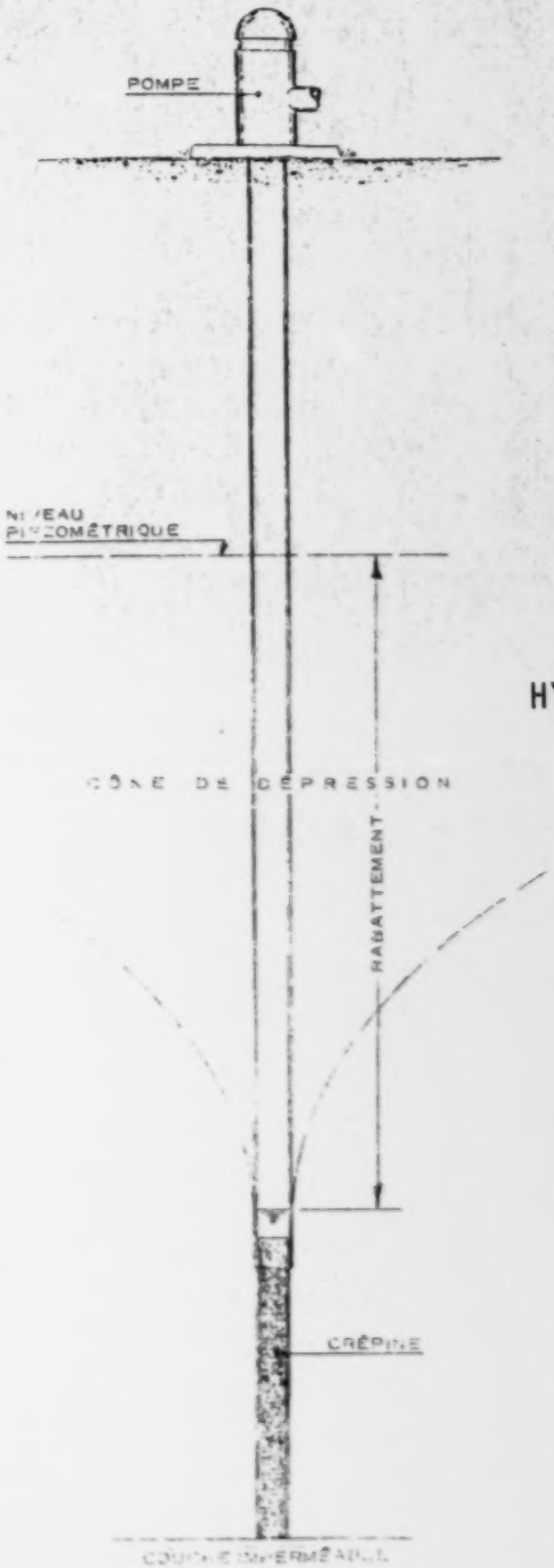
H.G.-7



GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

MINISTÈRE
DES RICHESSES NATURELLES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX

HYDROGÉOLOGIE DU LAC SAINT-JEAN

PARTIE NORD-EST

Raynald Dessureault

SERVICE DES EAUX SOUTERRAINES

QUÉBEC 1975

104-04608/

GOUVERNEMENT
DU QUÉBEC

MINISTÈRE
DES RICHESSES NATURELLES

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX

HYDROGÉOLOGIE DU LAC SAINT-JEAN

PARTIE NORD-EST

Raynald Dessureault

LEGISLATIVE LIBRARY OF ONTARIO
TORONTO
JUN 3 19/5
RECEIVED

SERVICE DES EAUX SOUTERRAINES

QUÉBEC 1975

RÉSUMÉ

La partie Nord-Est du Lac Saint-Jean a fait l'objet d'une étude hydrogéologique qui s'est échelonnée entre 1967 et 1971. Elle a consisté à déterminer l'épaisseur des dépôts meubles et la topographie de la roche en place; de même qu'à délimiter les nappes aquifères importantes de la région, constituées de sables de surface et de graviers fluvio-glaciaires. A cause de la faible perméabilité des formations rocheuses, on a jugé à propos de ne pas les considérer dans la présente étude.

On a concentré, tout particulièrement, les recherches à Saint-Léon, Saint-Nazaire, Saint-Henri-de-Taillon et l'Ascension où existent de très bons aquifères se prêtant au développement de puits à fort débit allant jusqu'à 1,000 g.p.m. Une campagne de résistivité électrique a permis de préciser l'épaisseur et l'extension des argiles marines très conductrices et le contact eau douce - eau salée. On a décelé des eaux d'excellente qualité dans les formations de gravier fluvio-glaciaire, sauf sous l'argile salée ou elles ont des teneurs en chlorures de 300 mg/l.

ABSTRACT

A hydrogeological survey which was spaced out over a four year period from 1967 to 1971 was conducted in the northeastern part of Lake Saint-Jean. The study consisted of determining the thickness of the unconsolidated deposits and the topography of the bedrock, as well as delineating important aquifers within the surficial sands and fluvioglacial gravels. On account of their very low permeability, the bedrock formations are not considered in the present study.

The most detailed studies were carried out at Saint-Léon, Saint-Nazaire, Saint-Henri-de-Taillon and l'Ascension, where very good water-bearing formations are suited to the development of high-yield wells up to 1,000 g.p.m. (gallons per minute). An electrical resistivity survey helped define more accurately the thickness and extent of highly conductive, marine clays, and the contact between fresh and saline water. Water is of excellent quality in the fluvioglacial gravels, except under the saline clays where water contains some 800 mg/l of chlorides.

TABLE DES MATIERES

	Page
INTRODUCTION	1
Généralités	1
Situation et étendue	1
Méthode de travail	3
PHYSIOGRAPHIE	3
Topographie et drainage	3
Climat	4
GEOLOGIE	7
Géologie historique	7
Géologie de la roche en place	7
Géologie des dépôts meubles	7
Forages et coupes géologiques	9
Topographie de la roche en place	9
HYDROGEOLOGIE	10
Potentialités aquifères	10
Aquifère de Saint-Léon	11
Aquifère de Saint-Nazaire	12
Aquifère de Saint-Henri-de-Taillon	13
Aquifère de l'Ascension	13
GEOCHIMIE	26
Diagramme de Piper	26
Diagramme de Schoeller	26
Solubilité du $CaSO_4$	26
pH d'équilibre	29
Kr d'équilibre	29
CONCLUSIONS	31
BIBLIOGRAPHIE	33

APPENDICES

A - Journal des sondages, carte 22 D/12 E	34
B - Journal des sondages, carte 22 D/12 W	45
C - Journal des sondages, carte 22 D/13 W	50
D - Journal des sondages, carte 32 A/16 E	55
E - Epreuve de pompage du puits Saint-Léon (69-21)	65
- Epreuve de pompage du puits Saint-Nazaire (70-12)	68
- Epreuve de pompage du puits Saint-Henri-de-Taillon (70-51).	72
- Epreuve de pompage du puits l'Ascension (69-1)	76
F - Extrait de l'étude géoélectrique de Michel Utard	80

ILLUSTRATIONS

Figures:

1 - Carte de localisation 2
2 - Précipitation, température 5
3 - Localisation des sondages et topographie du bedrock 15
4 - Coupes AA' et BB' 16
5 - Localisation des sondages et topographie du bedrock 17
6 - Coupes CC' et DD' 18
7 - Localisation des sondages et topographie du bedrock 19
8 - Localisation des sondages et topographie du bedrock 20
9 - Coupes EE' et FF' 21
10 - Courbes de Theis, puits Nos 1 et 2, Saint-Léon 22
11 - Courbes de Theis, puits Nos 1, 2 et 3, Saint-Nazaire 23
12 - Courbes de Theis, puits Nos 1 et 2, Saint-Henri-de-Taillon ... 24
13 - Courbes de Theis, puits Nos 1 et 2, l'Ascension 25
14 - Diagramme de Piper 27
15 - Diagramme de Schoeller 28
16 - Principe du sondage électrique 83
17 - Profondeur d'investigation

Tableaux:

1 - Tableau climatique 6
2 - Tableau des formations 8
3 - Analyses chimiques 30

INTRODUCTION

Généralités

Le projet ARDA (Aménagement rural et Développement agricole) No 1017 a démarré en septembre 1967 et a impliqué au début trois services géologiques du ministère des Richesses naturelles, soit l'Exploration géologique, les Gîtes minéraux et l'Hydrogéologie*. En 1967 et 1968, le service de l'Hydrogéologie était responsable des forages nécessaires aux études des deux autres services. A compter de 1969/70, l'accent a été mis sur l'hydrogéologie de la région Nord-Est du Lac Saint-Jean et a été poursuivi jusqu'en 1971.

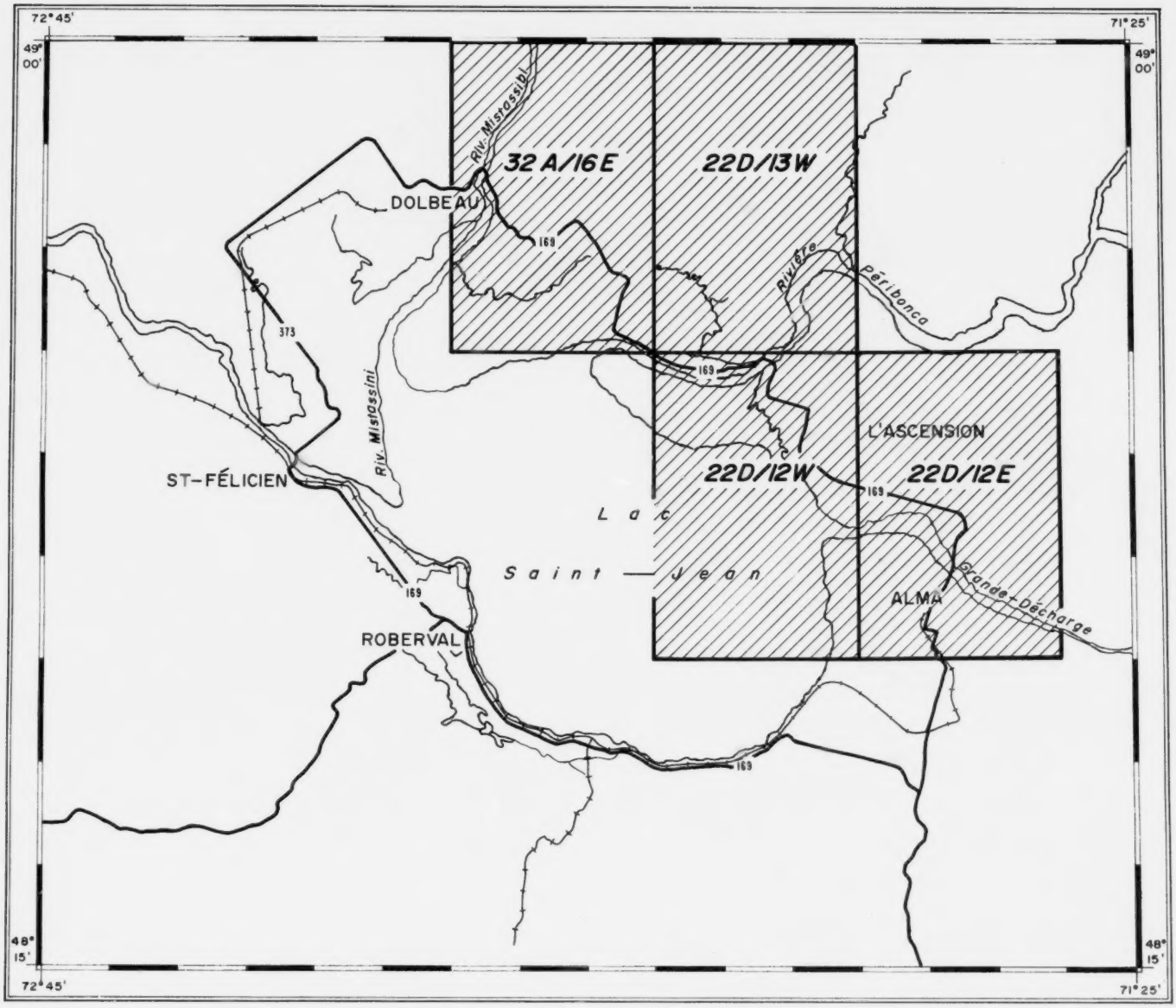
Le but de ces travaux était de délimiter les nappes importantes de la région, de déterminer la topographie de la roche en place, de préciser le contact eau douce – eau salée. A cet effet, une étude géoélectrique (*Appendice F*), des forages stratigraphiques et des essais de pompage ont été effectués. Le présent rapport consigne les résultats de ces travaux .

Situation et étendue

Le territoire couvert par les levés hydrogéologiques et géophysiques est limité au Nord par la rivière Péribonca, au Sud par la Grande-Décharge, à l'Ouest par le Lac Saint-Jean et à l'Est par la longitude 71° 30' (*Fig. 1*). Il comprend les feuillets topographiques (1:50,000) 22 D/12W de la série N.T.S. (National Topographic Series).

* Le service de l'Hydrogéologie se nomme maintenant le service des Eaux souterraines.

CARTE DE LOCALISATION



CHICOUTIMI

QUÉBEC

5 0 5 10 15 20 miles

5 0 5 10 15 20 25 30 kilomètres

FIGURE 1

A partir des donnnées provenant de nos forages et des puits de particuliers, nous avons tracé la topographie de la roche en place des deux feuillets adjacents, 22 D/13W et 32 A/16E.

Méthode de travail

Pour déterminer l'emplacement des travaux dans l'ensemble du territoire étudié, nous avons utilisé les feuillets topographiques ci-haut mentionnés et des photographies aériennes à l'échelle de 1320 pieds au pouce. Comme ce travail comportait principalement une étude hydrogéologique de reconnaissance, la cartographie du bedrock a été tracée à l'échelle de 1:50,000.

Le travail a consisté à effectuer une campagne de forages stratigraphiques, des pompages de longue durée, un prélevement d'échantillons d'eau pour fin d'analyse chimique. Nous avons complété 15,249 pieds de forage répartis en 119 sondages, à l'aide d'une foreuse rotative Gardner-Denver, Mayhew 1000; chaque sondage a fait l'objet d'un échantillonnage latéral et d'un carottage électrique pouvant mesurer la résistivité, la polarisation induite et la radioactivité des matériaux traversés. Un géologue examina sur place les échantillons de matériau meuble prélevés à des intervalles de 5 pieds de profondeur.

L'équipement de pompage utilisé comprenait deux pompes à arbre de couche vertical d'une capacité respective de 85 et 450 g.p.m. (gallons à la minute).

PHYSIOGRAPHIE

Topographie et drainage

La région appartient à deux grandes unités: les Basses-Terres du Saguenay Lac Saint-Jean et les Hautes-Terres du Bouclier canadien. C'est au nord de Saint-Ludger-de-Milot où l'on note le point le plus haut du Bouclier canadien qui s'élève à environ 900 pieds au-dessus du niveau de la mer. Le contact entre ces deux grandes unités est souvent très

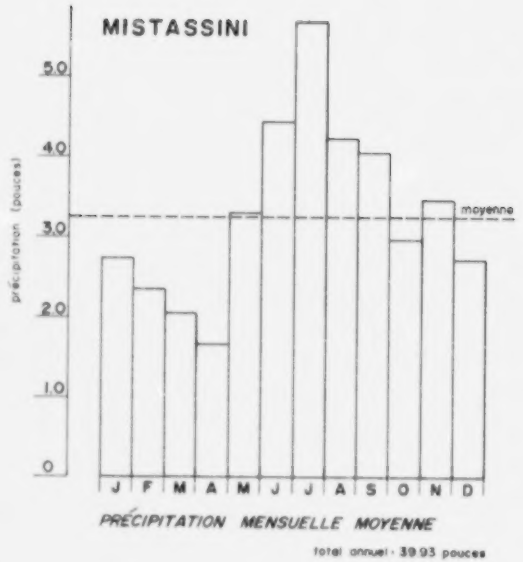
abrupt et il n'est pas rare de trouver des épaisseurs de 200 pieds d'argile située à quelques centaines de pieds d'affleurements rocheux d'âge précambrien.

Le drainage de la région s'effectue en direction du Lac Saint-Jean, principalement par les rivières Péribonca, Petite Péribonca et Mistassini à l'exception de la partie Est qui est drainée par la Grande-Décharge.

Climat

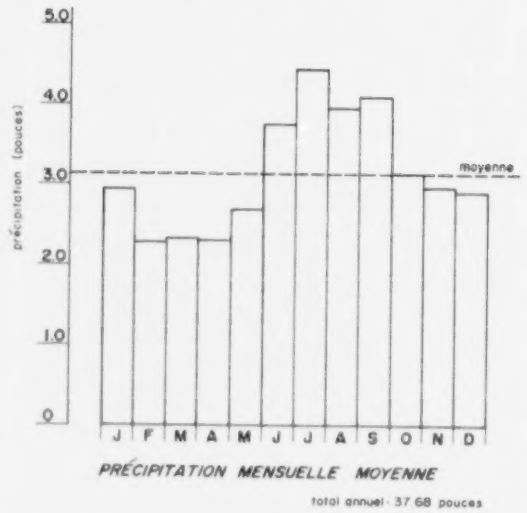
Le climat de la région du Lac Saint-Jean est qualifié de continental et humide. La température moyenne annuelle s'établit à 36.1 °F. à la station de l'Isle-Maligne (*Fig. 2*). La température moyenne de janvier se situe à 3.0 °F. et celle de juillet à 64.2 °F. L'amplitude moyenne de température (c'est la différence entre la température maximale moyenne du mois le plus chaud et la température minimale moyenne du mois le plus froid) est de 83 °F. et l'amplitude absolue atteint 140 °F.

La précipitation annuelle moyenne est de 37.68 pouces dont 11.31 pouces tombent sous forme de neige. La période moyenne continue sans gel est de 11 jours et l'évaporation potentielle de Thornthwaite est de 21.0 ± 0.5 pouces.



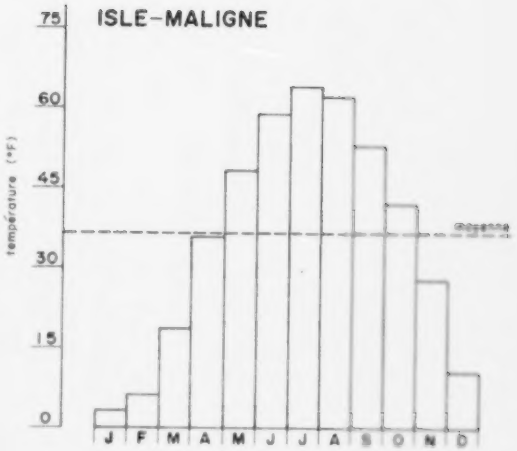
PRÉCIPITATION MENSUELLE MOYENNE

total annuel : 39.93 pouces

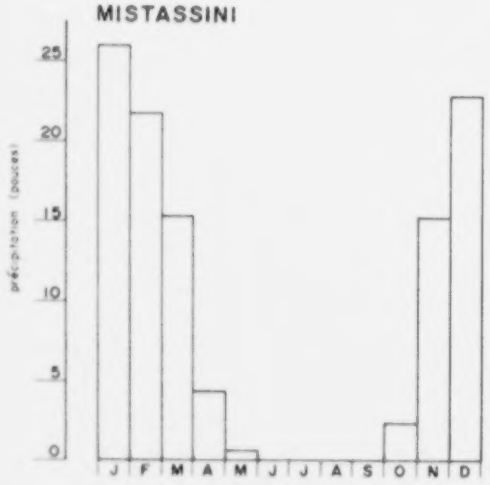


PRÉCIPITATION MENSUELLE MOYENNE

total annuel : 37.68 pouces

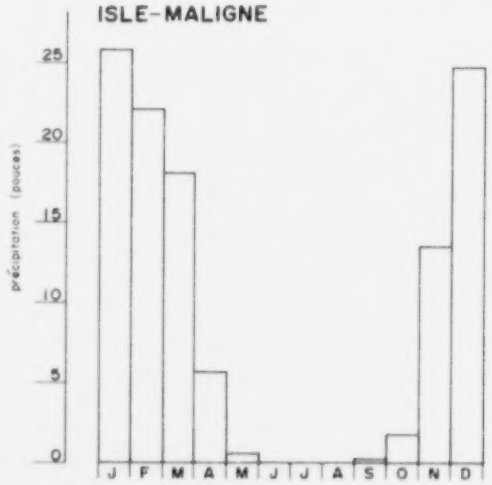


VARIATION MENSUELLE DE LA TEMPÉRATURE



PRÉCIPITATION MENSUELLE MOYENNE
EN POUCES DE NEIGE

total annuel : 106.8 pouces



PRÉCIPITATION MENSUELLE MOYENNE
EN POUCES DE NEIGE

total annuel : 113.1 pouces

PRÉCIPITATION , TEMPÉRATURE

FIGURE 2

TABLEAU 1

TABLEAU CLIMATIQUE

	STATION	MOYENNES ANNUELLES	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
TEMPÉRATURE MOYENNE °F	1+	35.4	2.4	5.0	18.6	34.5	48.7	59.2	64.2	61.2	52.5	41.5	27.2	10.0
	2+	36.1	3.1	6.5	18.9	35.8	48.4	58.8	64.3	62.1	53.0	42.4	28.5	10.8
PRÉCIPITATIONS TOTALES (pouces)	2+	37.68	2.88	2.27	2.39	2.31	2.69	3.76	4.45	3.78	4.13	3.18	2.98	2.91
	3+	31.47	1.97	1.90	2.00	1.91	2.50	3.31	4.15	3.15	3.63	2.50	2.12	2.33
	4-	39.93	2.73	2.35	2.03	1.66	3.31	4.44	5.94	4.22	4.06	2.98	3.48	2.73
PRÉCIPITATIONS DE NEIGE (pouces)	2+	113.1	25.9	22.1	18.1	5.8	0.6	0.0	0.0	0.0	0.1	1.9	13.7	24.9
	3+	88.3	17.7	18.0	15.3	4.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	10.0	19.6
	4-	106.8	26.0	21.7	15.3	4.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	15.3	22.9

NOTES:

+ : La moyenne à ces stations est prise sur une période de 30 ans.

- : La moyenne à ces stations est prise sur une période de 10 ans.

Station: 1- Albanel; 2- Isle-Maligne; 3- Normandin; 4- Mistassini.

Bibliographie: Sommaire Climatique du Québec, G.-Oscar Villeneuve, ministère des Richesses naturelles du Québec, Vol. 11, Brochure M-24.

GEOLOGIE

Géologie historique

Antérieurement à la période qui s'est échelonnée entre 8,000 et 10,000 B.P.* (Lasalle), la région était recouverte de glaciers. Pendant la déglaciation qui suivit, les eaux de la mer ont envahi les basses-terres de la région. Cette avancée de la mer a été causée par l'enfoncement isostatique du terrain et par le relèvement eustatique de la mer. Au cours de cette période d'invasion marine, il s'est déposé des sédiments d'eaux profondes (argiles silteuses de la mer Laflamme) et des sédiments d'eaux peu profondes (sables et graviers de la mer Laflamme). Au fur et à mesure que le terrain se relevait, le plan d'eau a occupé graduellement des niveaux de plus en plus bas jusqu'à atteindre l'état actuel.

Géologie de la roche en place

Le substratum de la région est constitué principalement de roche d'âge précambrien, comprenant des anorthosites, des gabbros, des gneiss variés et des roches granitiques. Les roches ordoviciennes sont représentées par un affleurement de calcaire Trenton au sud de Saint-Léon-du-Lac-Labrecque. Les faibles étendues et puissances du calcaire dans la région rendent cette formation d'intérêt négligeable du point de vue hydrogéologique.

Géologie des dépôts meubles

A partir du socle rocheux, la séquence normale inclut la moraine de fond (till), le gravier fluvio-glaciaire, l'argile de la mer Laflamme et les sables et graviers de la mer Laflamme. Les matériaux récents renferment des dépôts de marécages, des sables des basses et hautes terrasses et des dépôts alluvionnaires et colluvionnaires. Pour une description détaillée de ces formations, le lecteur est prié de se référer au rapport géologique de G. Tremblay (M.R.N. 1966).

* B.P. signifie " before present ", expression consacrée.

TABLEAU 2

TABLEAU DES FORMATIONS

Cénozoique	Quaternaire	Récent		Dépôts de marécages; Sables des Basses-Terres; Sables des Hautes-Terres incluant aussi des blocs déposés par la glace flottante; dépôts éoliens; colluvium.
		Pleistocène	Wisconsin	Sédiments d'eau peu profondes; Sables et graviers de la mer Laflamme, fossilifères par endroit; Sédiments d'eaux profondes; argiles silteuses de la mer Laflamme, fossilifères par endroits.
				Drift glaciaire stratifié; sables du lac Kénogami; matériau de contact déposé par endroits en terrasses de Kame; moraine d'ablation sur les Hautes-Terres.
				Moraine de fond (lodgment till); compact gris, calcareux par endroits, contenant des galets et des blocs.
				discordance
Paléozoïque	Ordovicien			Schistes argileux et calcaires
				discordance
Précambrien				Gabbros, anorthosites, gneiss et granites.

D'après P. LASALLE 1973

Forages et coupes géologiques

Les informations concernant les forages apparaissent aux appendices A, B, C et D. La localisation de ces sondages est indiquée sur les figures 3, 5, 7 et 8 et les coordonnées U.T.M. données en appendice permettent de reporter ceux-ci sur les cartes topographiques à l'échelle de 1:50,000.

Les coupes géologiques représentent les couches aquifères sur le plan vertical. Elles complètent ainsi les journaux de sondages en montrant leurs variations latérales. Par exemple, la coupe A-A' *(Fig. 4)* fait voir la morphologie du substratum, la puissance, le toit et l'étendue des couches aquifères de gravier fluvio-glaciaire dans la région de Saint-Léon. La coupe B-B' *(Fig. 4)* indique également les mêmes caractéristiques pour une nappe captive dans la région de Saint-Nazaire.

Topographie de la roche en place

La topographie de la roche en place a été tracée à l'échelle de 1:50,000 et apparaît sur les figures 3, 5, 7 et 8. L'équidistance des courbes de niveau du toit de la roche en place est de 25 pieds. La raison d'être de ces cartes est la possibilité de donner une représentation continue dans l'espace de l'élévation du bedrock en interpolant les mesures ponctuelles obtenues à partir des sondages stratigraphiques et géoélectriques et des puits de particuliers.

Ces cartes morphologiques en courbes d'égal niveau de la surface du substratum (égale altitude ou isohypse) sont interprétées avec les mêmes méthodes que les cartes topographiques. Elles font apparaître les mêmes irrégularités, bosses, dépressions et anciennes vallées, ce qui permet de se faire une idée des caractères dimensionnels des couches aquifères. Elles font ressortir les caractéristiques géochimiques des nappes, ce qui est important pour la localisation des ouvrages de captage. Par exemple, la grande dépression du socle rocheux à l'Ascension (400 pieds d'argile) et l'importante vallée de Saint-Ludger-de-Milot n'ont pas d'exutoire *(Figs 3 et 7)*, d'où la présence d'eau salée et l'artésianisme de la couche de gravier fluvio-glaciaire.

Sur les cartes topographiques de la roche en place, nous avons également indiqué les limites des argiles marines salées et très conductrices dont l'extension a été déterminée lors de la campagne de prospection électrique *(Appendice F)*.

HYDROGEOLOGIE

Potentialités aquifères des formations

L'argile couvre la plus grande partie de la région. Il s'agit d'un matériau relativement imperméable de sorte que les puits qui le recoupent ne fournissent que de très faibles débits. Dans la région, on distingue des argiles conductrices et des argiles résistantes, ce qui explique que les puits forés dans les argiles conductrices fournissent une eau salée.

Le roc de la région ne se prête pas à l'aménagement de puits à fort débit, quoiqu'il puisse fournir des débits suffisants (1 à 5 g.p.m) pour l'alimentation de quelques familles sauf aux endroits où l'eau salée pénètre la roche en place jusqu'à des profondeurs de 500 à 700 pieds.

Par contre, le sable de surface et le gravier fluvio-glaciaire offrent des possibilités beaucoup plus intéressantes. Le sable de surface (delta de la rivière Péribonca) recouvre la région localisée au nord de l'Ascension jusqu'à la rivière Péribonca, soit au-dessus de la cote d'élévation de 500 pieds par rapport au niveau moyen de la mer. Le gravier fluvio-glaciaire n'occupe qu'une faible partie de la région, soit surtout dans les dépressions de la roche en place (vallée de Saint-Ludger-de-Milot) et dans les régions de Saint-Léon et Saint-Nazaire où les formations rocheuses ont formé un barrage naturel permettant la fonte des glaciers et la déposition de gravier fluvio-glaciaire. Un lambeau de sable fluvio-glaciaire a également été traversé par les forages 70-48, 70-49, 70-51 et 70-52 dans la région de Saint-Henri-de-Taillon (*Figs 8 et 9*).

Pour déterminer les caractéristiques aquifères de la nappe de surface, désignée sous le nom d'aquifère de l'Ascension, un puits d'essai 61-9 et deux puits d'observation ont été aménagés au nord de l'Ascension.

Comme les sondages électriques n'ont pas permis de déceler de faibles épaisseurs de gravier fluvio-glaciaire sous-jacent à l'argile, il nous a été impossible de déterminer l'étendue de ces couches. D'après les forages, il est cependant certain que cette couche n'est pas continue sous l'argile et que nous sommes en présence de plusieurs formations aquifères de faible superficie. Les plus importantes sont celles de Saint-Léon, de Saint-Nazaire et de Saint-Henri-de-Taillon. On a déterminé les caractéristiques hydrauliques et la qualité chimique de l'eau de chacun de ces aquifères.

Aquifère de Saint-Léon *(Figs 3, 4 et 10)*

L'aquifère de Saint-Léon se trouve dans une vallée de la roche en place et suit le cours actuel de la rivière Mistouc. Cette vallée apparaît sur la carte de la topographie du bedrock et rejoint la vallée principale de direction nord-ouest -sud-est passant par Saint-Ludger-de-Milot. L'aquifère de Saint-Léon a été intercepté par les sondages 69-19, 69-21, 69-22, 69-23 et 69-25. Il est à noter que le sondage 69-25, situé en aval dans la vallée, coulait naturellement à un taux de 125 g.p.m.

Le puits d'essai 69-21 aménagé dans cette formation avait les caractéristiques suivantes:

Localisation: carte 22 D/12E *(Fig. 3)*
Carottage du puits *(Appendice A)*
Profondeur: 124 pieds
Diamètre: 8 pouces
Longueur et numéros des crépines:
8 pieds No 40, 8 pieds No 50,
8 pieds No 60.
Débit: 460 g.p.m.
Niveau piézométrique: -12.93 pieds
Niveau dynamique: -59.40 pieds
Rabattement: 46.47 pieds
Capacité spécifique: ≃ 10 g.p.m./pi.
Transmissivité (T): 8.4×10^4 g.p.j./pi.
Coeff. d'emmagasinement: 3.8×10^{-3}
Fer: 0.15 mg/l
Chlorures: 813 mg/l
Dureté: 244 mg/l
pH: 8.4
Analyse complète (Tableau 3)
Données du pompage *(Appendice E)*

Les données de cette épreuve de pompage *(Appendice E)* ont été mises en graphique *(Fig. 10)*. La transmissivité (T) moyenne obtenue est de l'ordre de 8.4×10^4 g.p.j./pi. et le coefficient d'emmagasinement (S)

de 3.8 x 10^{-3}, ce dernier confirmant ainsi les conditions de nappe captive.

L'inventaire des puits de la région recoupant les nappes captives et le levé géophysique qui a permis de localiser le front eau douce — eau salée à proximité du puits 69-21, nous laissaient toutefois soupçonner une invasion possible de ce front salé. Nous avons donc pompé ce puits à un fort débit (460 g.p.m.) afin de provoquer l'invasion d'eau salée et de vérifier le danger de contamination de l'eau douce lors d'un pompage intensif près de l'interface. Même si l'eau était de bonne qualité au début du pompage, il s'avérait essentiel, avant de suggérer un captage permanent à cet endroit d'étudier le danger de contamination. A cet effet, nous avons prélevé des échantillons d'eau toutes les heures pour en déterminer la qualité. Les résultats de ces analyses ont confirmé l'invasion du front salé puisque nous avons noté une augmentation considérable des chlorures (4.7 mg/l/heure), de la dureté (1.7 mg/l/heure) et de la conductivité (26 micromhos/heure). Ceci démontre qu'il serait risqué d'aménager un ouvrage de captage permanent à cet endroit.

Aquifère de Saint-Nazaire *(Figs 3, 4 et 11)*

Dans la région de Saint-Nazaire, le gravier fluvio-glaciaire atteint une épaisseur de plus de 40 pieds et le front d'eau salée est situé à plus de trois milles au nord de cet endroit. Le puits d'essai 70-12 aménagé dans cette formation a les caractéristiques suivantes:

Localisation: carte 22 D/12E *(Fig. 3)*
Carottage du puits *(Appendice A)*
Profondeur: 116 pieds
Diamètre: 8 pouces
Longueur et numéros des crépines:
8 pieds No 60, 8 pieds No 80
Débit: 470 g.p.m.
Niveau piézométrique: -9.6 pieds
Niveau dynamique: -34.4 pieds
Rabattement: 24.8 pieds
Capacité spécifique: ≃ 20 g.p.m./pi.
Transmissivité (T): 1.0 x 10^5 g.p.j./pi.
Coeff. d'emmagasinement: 4.8 x 10^{-3}
Fer: 0.05 mg/l
Chlorures: 17.5 mg/l
Dureté: 87.5 mg/l
pH: 8.4
Résultats du pompage *(Appendice E)*
Analyse complète (Tableau 3)

L'aquifère de Saint-Nazaire, recoupé par les sondages 70-12, 70-15 et 69-27, affleure ici et là en surface et on note sa présence dans de nombreuses gravières en exploitation.

Aquifère de Saint-Henri-de-Taillon *(Figs 8, 9 et 12)*

L'aquifère de Saint-Henri-de-Taillon est sis à environ 2.5 milles au nord-ouest de la localité de même nom. Il est constitué d'une couche de sable fin à gravier fin d'une puissance de 5 à 15 pieds sous-jacente à l'argile. Etant donné les difficultés d'accès, on n'a pu déterminer avec précision l'étendue de l'aquifère de Saint-Henri-de-Taillon. Toutefois, les nombreux affleurements de la roche en place au nord, au sud et à l'est de même que la faible épaisseur de la formation à l'ouest du puits d'essai 70-51, laissent supposer que cette formation n'occupe que quelques milles carrés.

L'aquifère est captif et l'eau a une faible odeur d'anhydride sulfureux. L'épreuve de pompage de 48 heures du puits d'essai 70-51 *(Fig. 12)* a donné les résultats suivants:

Localisation: carte 22 D/12W
Carottage du puits *(Appendice B)*
Profondeur: 58 pieds
Diamètre: 6 pouces
Longueur et numéro de la crépine: 8 pieds No 20
Débit: 60 g.p.m.
Niveau piézométrique: -11.26 pieds
Niveau dynamique: -37.89 pieds
Rabattement: 26.63 pieds
Capacité spécifique: 2.25 g.p.m./pi.
Transmissivité (T): 1.4×10^{4} g.p.j./pi.
Coeff. d'emmagasinement: 4.3×10^{-3}
Fer: 0.20 mg/l
Chlorures: 8.5 mg/l
Dureté: 43 mg/l
pH: 8.5
Analyse complète (Tableau 3)
Données du pompage *(Appendice E)*

Aquifère de l'Ascension *(Figs 3, 4 et 13)*

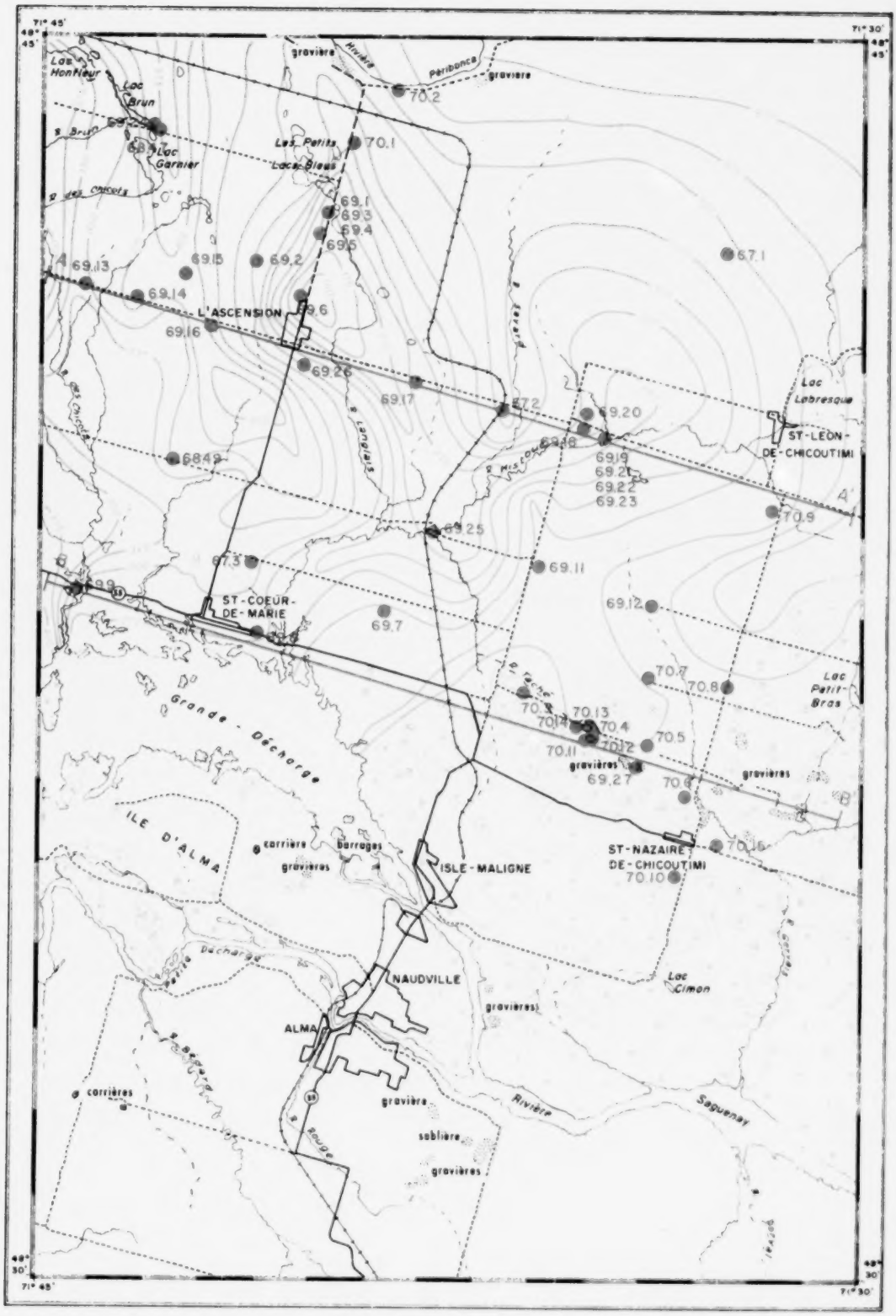
L'aquifère de l'Ascension, constitué de sable et gravier, recouvre la région nord de l'Ascension jusqu'à la rivière Péribonca. Il se trouve à la cote d'élévation 500 pieds au-dessus du niveau moyen de la mer. L'épaisseur de la formation saturée augmente et la granulométrie devient plus

grossière en s'approchant du cours d'eau actuel de la rivière Péribonca. Des puits filtrants à gros diamètre ou des systèmes de pointes multiples aménagés dans cette formation pourraient fournir des débits de l'ordre de 100 à 500 g.p.m. Le puits d'essai de l'Ascension portant le numéro d'identification 69-1 a donné les résultats suivants:

Localisation: carte 22 D/12E
Carottage du puits *(Appendice A)*
Profondeur: 58 pieds
Diamètre: 6 pouces
Longueur et numéros des crépines:
8 pieds No 40, 8 pieds No 30
Débit: 60 g.p.m.
Niveau piézométrique: -19.68 pieds
Niveau dynamique: -38.60 pieds
Rabattement: 18.92 pieds
Capacité spécifique: 3.1 g.p.m./pi.
Transmissivité (T): 1.1 x 10^4 g.p.j./pi.
Coeff. d'emmagasinement: indéterminé
Fer: 0.5 mg/l
Chlorures: 3.5 mg/l
Dureté: 18 mg/l
pH: 6.9
Analyse comple (Tableau 3)
Résultats du pompage *(Appendice E)*

Les résultats de l'épreuve de pompage, mis en graphique sur papier bilogarithmique pour l'application de la formule de Theis *(Fig. 13)*, ont révélé des conditions de nappe libre. La transmissivité obtenue, 1.1 x 10^4 g.p.j./pi., est représentative de la formation. On n'a pu calculer le coefficient d'emmagasinement, étant donné que la drainance n'était pas terminée après 72 heures de pompage, ceci étant causé par les fortes précipitation survenues en cours de pompage.

D'après l'analyse chimique, l'eau est très peu chargée en éléments dissous. Notons cependant que, comme pour la plupart des formations aquifères superficielles de la région, la teneur en fer est légèrement supérieure à la concentration maximum acceptable, 0.3 mg/l, bien qu'inférieure à la limite admissible, 1.0 mg/l (d'après les normes internationales pour l'eau de boisson, O.M.S.).



LÉGENDE

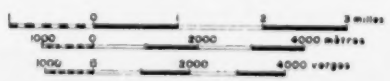
Contour du bedrock

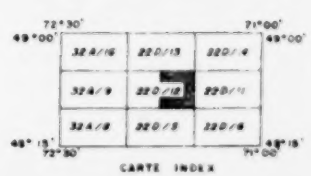
Affleurement

A——A' Coupe

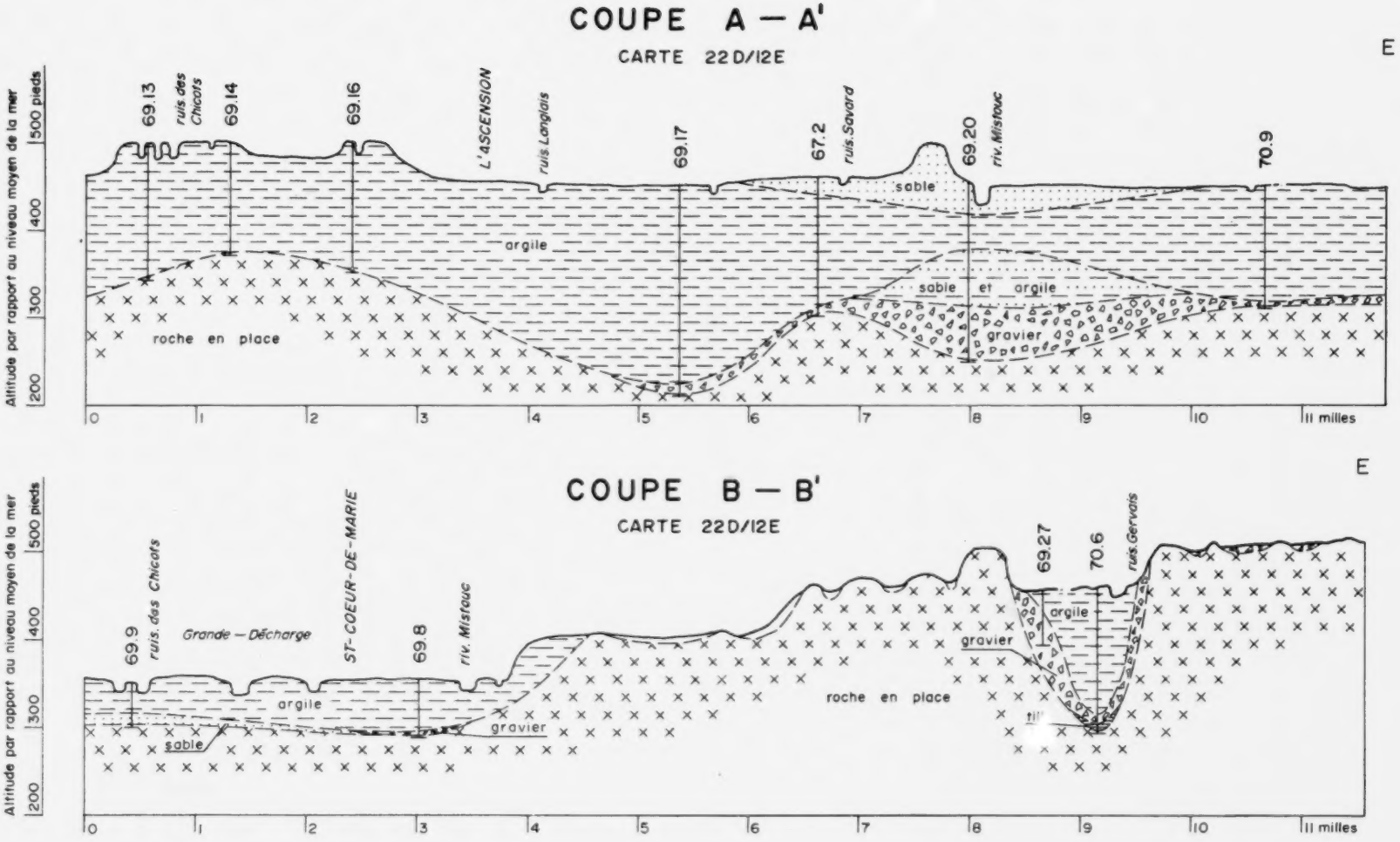
ISLE-MALIGNE
TOPOGRAPHIE DU BEDROCK
LOCALISATION DES SONDAGES

FIGURE 3



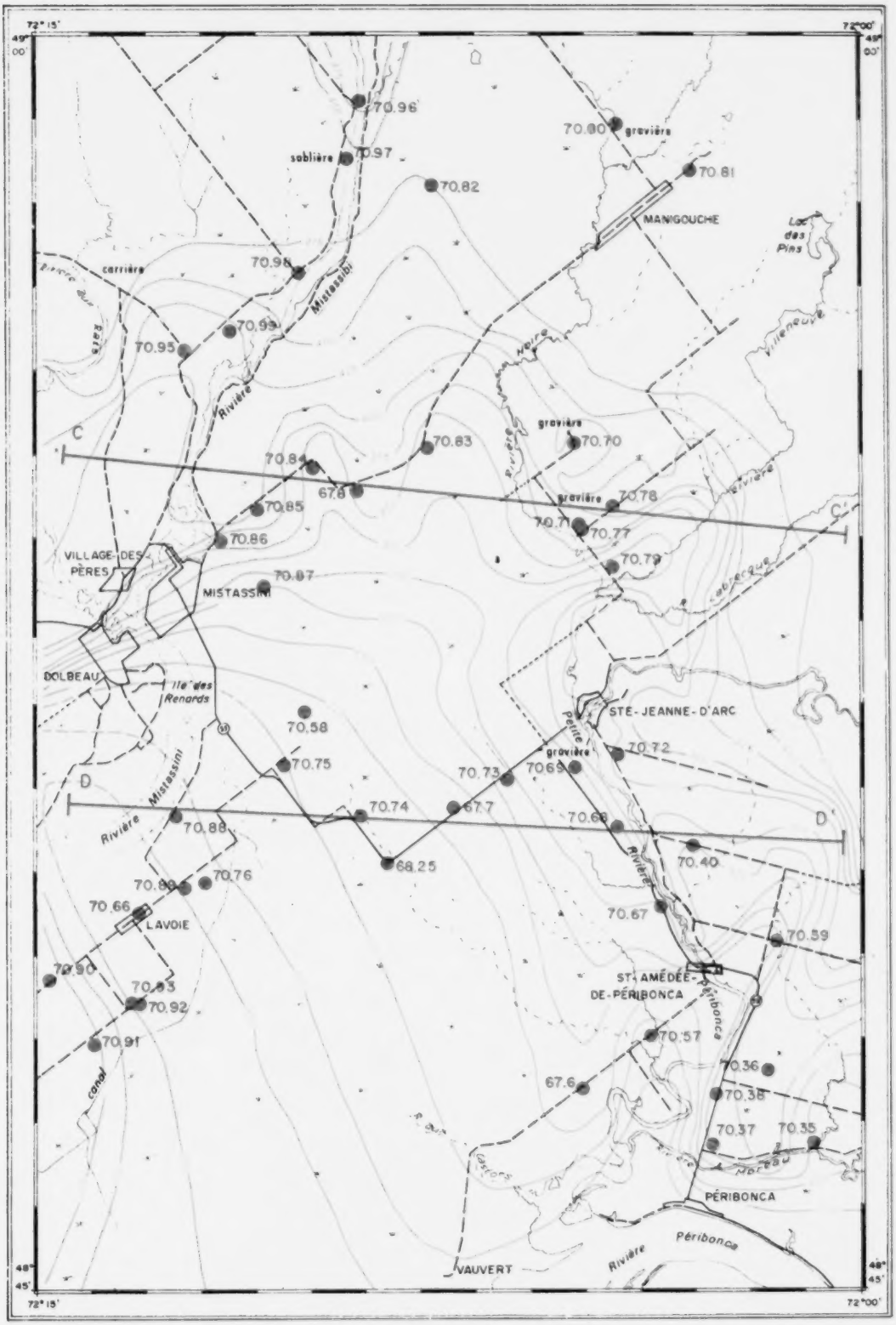


CARTE INDEX



COUPES A A' et B B'

FIGURE 4



DOLBEAU
TOPGRAPHIE DU BEDROCK
LOCALISATION DES SONDAGES

FIGURE 5

LÉGENDE

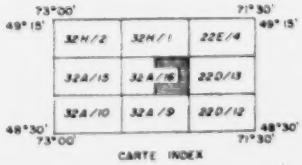
Contour du bedrock

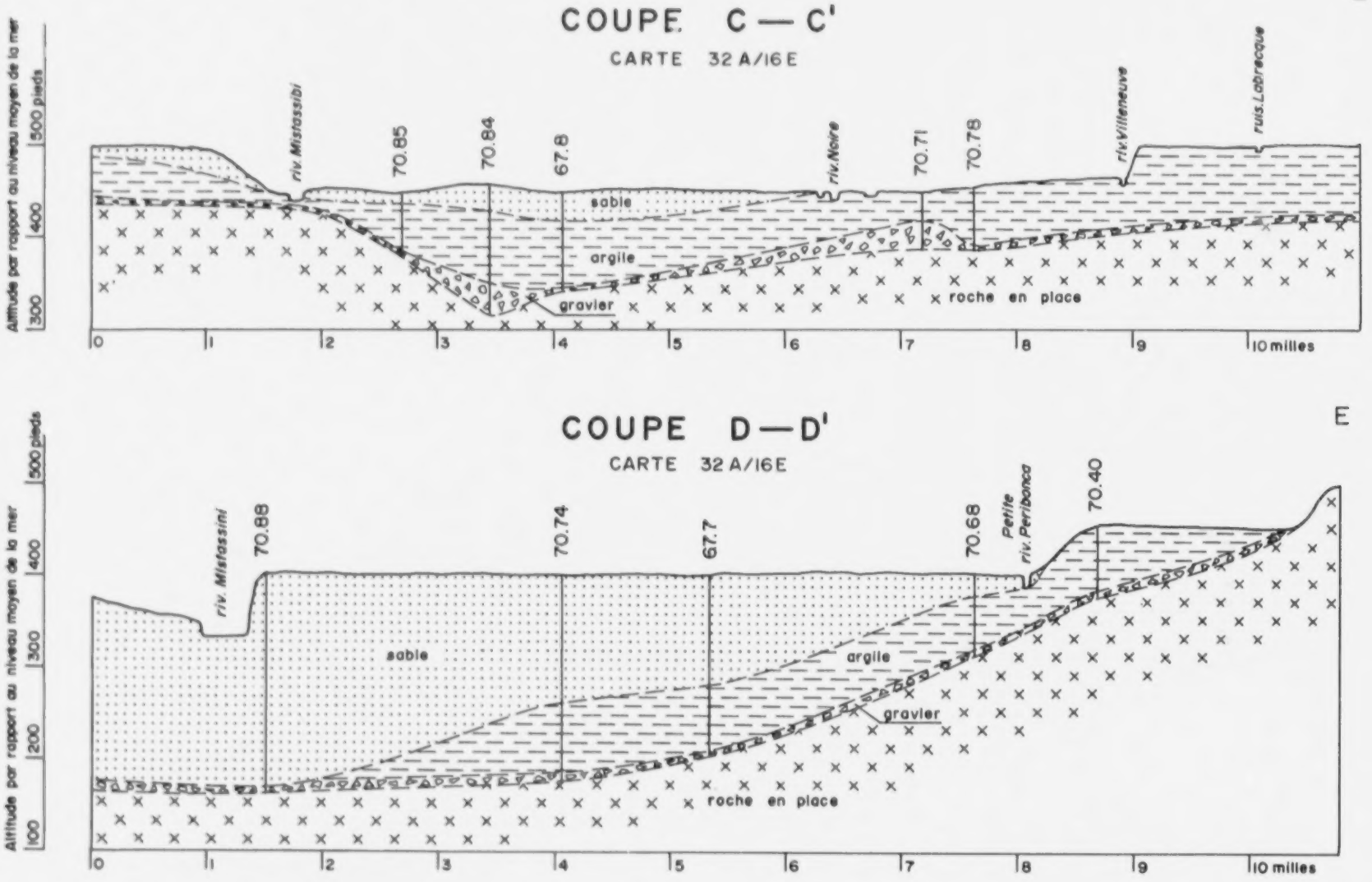
Coupe

0 1 2 3 milles

1000 0 2000 4000 mètres

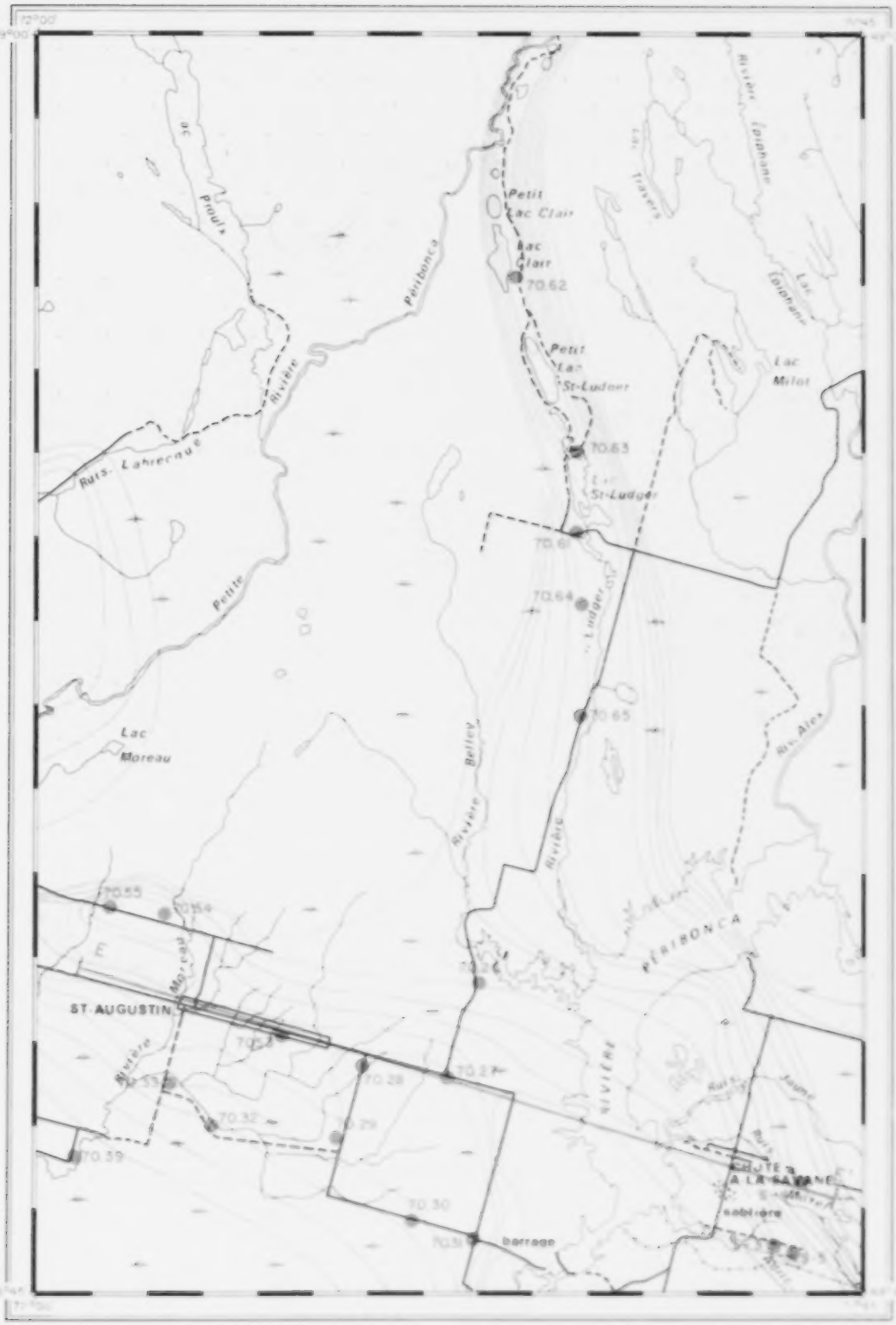
1000 0 2000 4000 verges





COUPES C C' et D D'

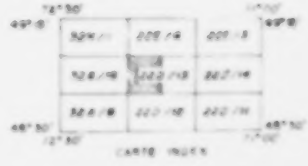
FIGURE 6



LÉGENDE
Contour de bedrock
Coupe
Affleurement

ALEX RIVER
TOPOGRAPHIE DU BEDROCK
LOCALISATION DES SONDAGES

FIGURE 1



ISLE-MALIGNE

TOPOGRAPHIE DU BEDROCK

LOCALISATION DES SONDAGES

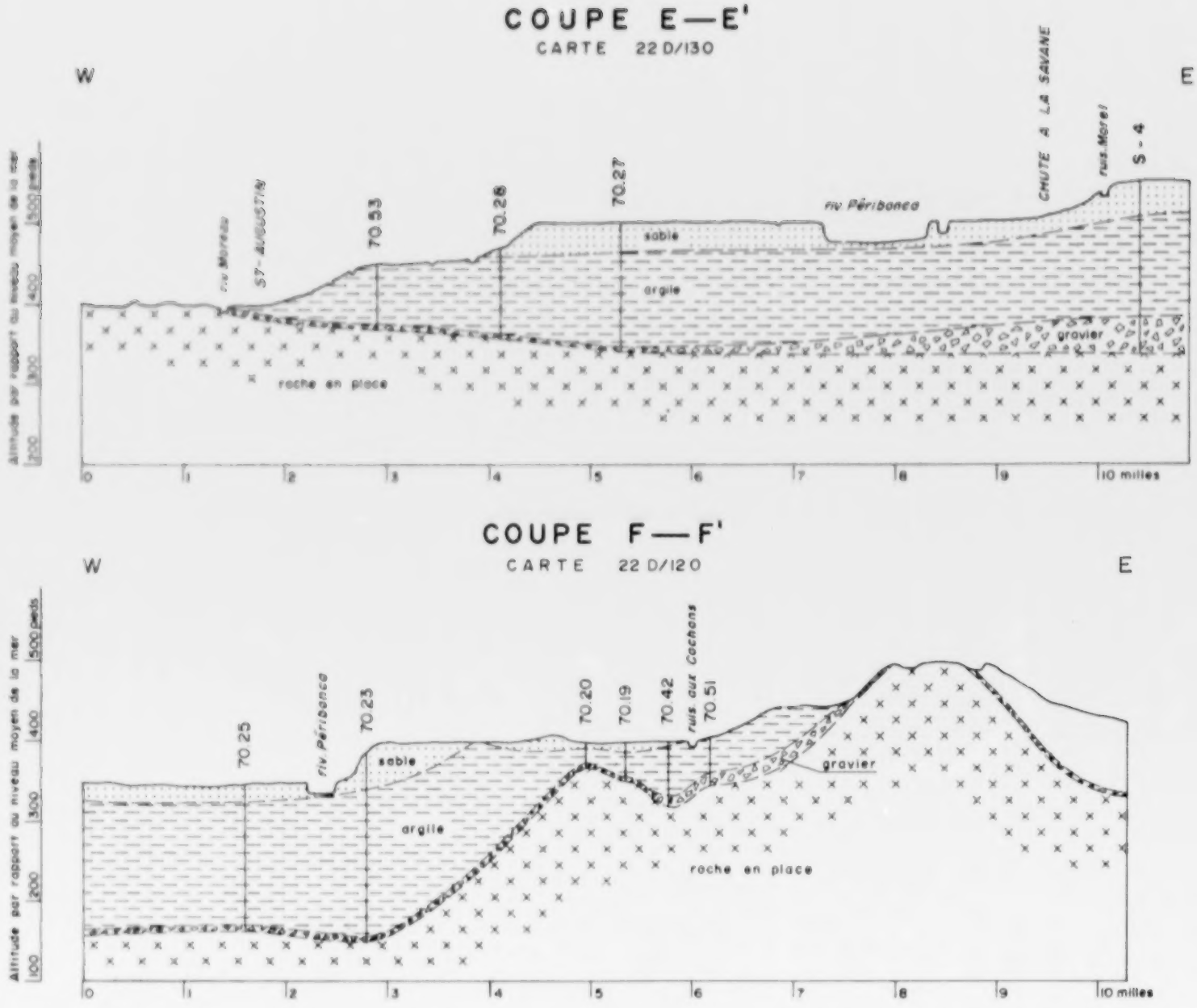
FIGURE 9

LÉGENDE

Contour du bedrock

Coupe

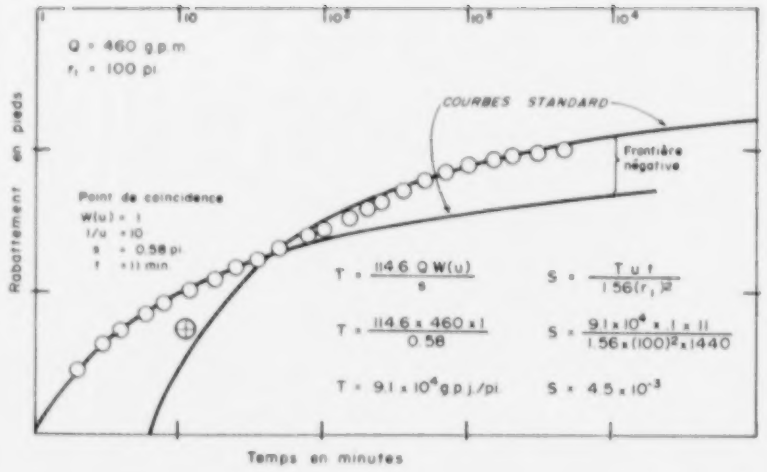
Alignement

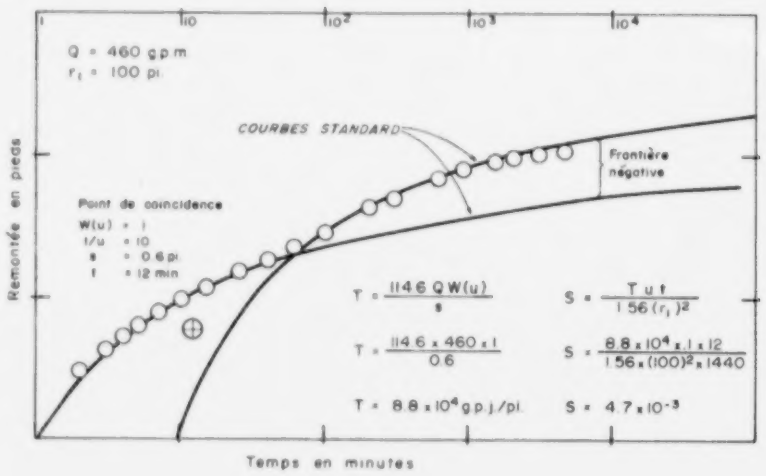


COUPES E E' et F F'

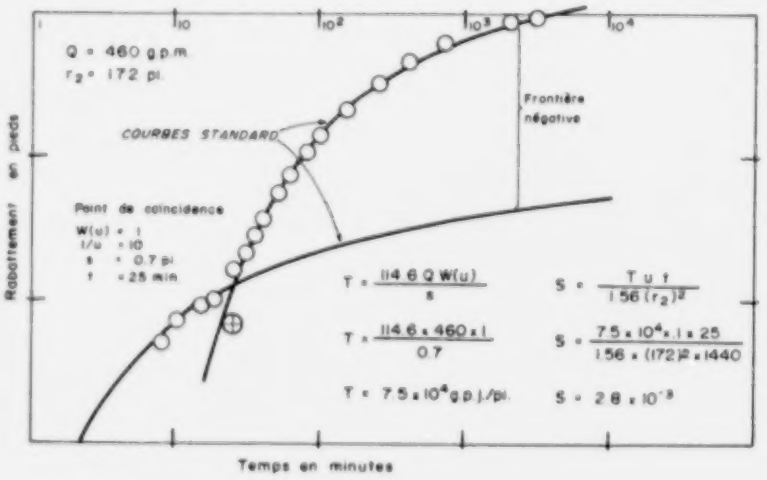
FIGURE 9

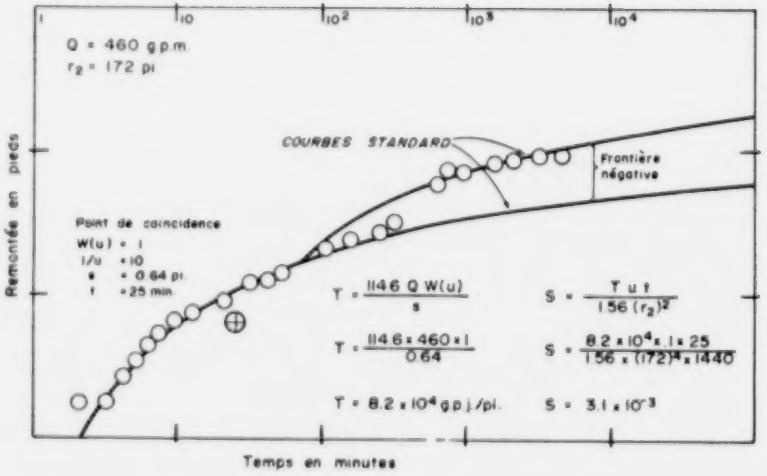
Puits d'observation No 1





Puits d'observation No 2





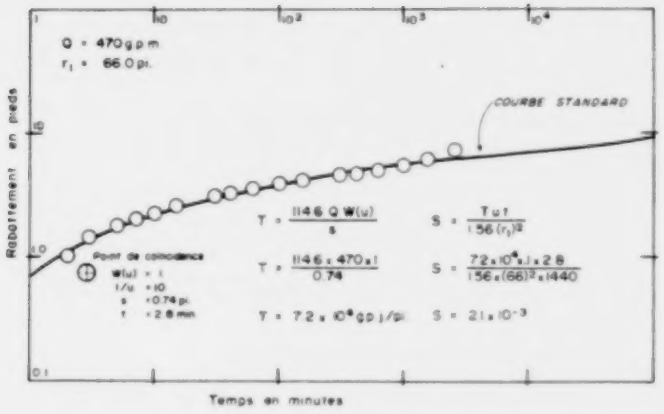
Courbes Rabattement — temps, Remontée — temps (Theis), puits Nos 1 et 2

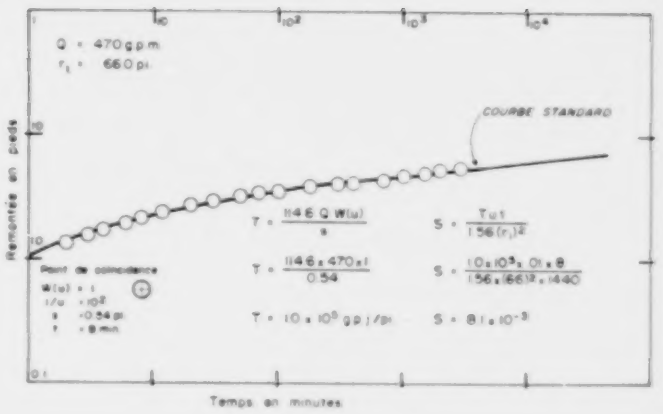
AQUIFÈRE SAINT-LÉON

FIGURE 10

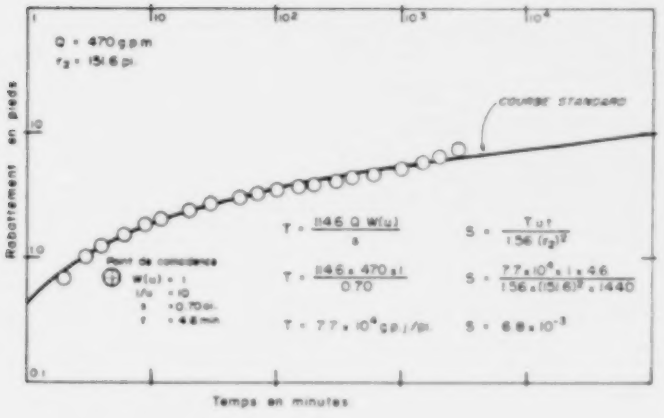
AQUIFÈRE SAINT – NAZAIRE

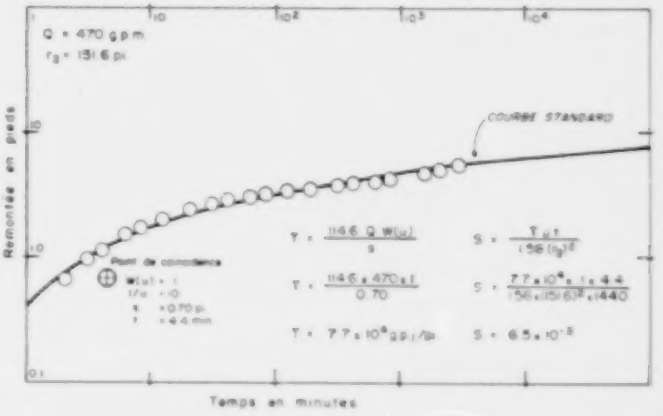
Puits d'observation No 1



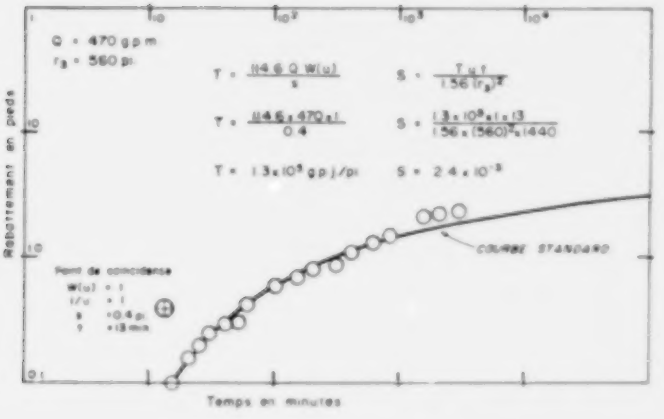


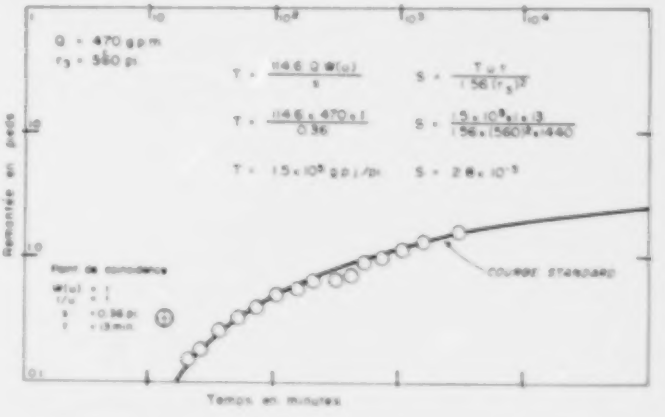
Puits d'observation No 2





Puits d'observation No 3

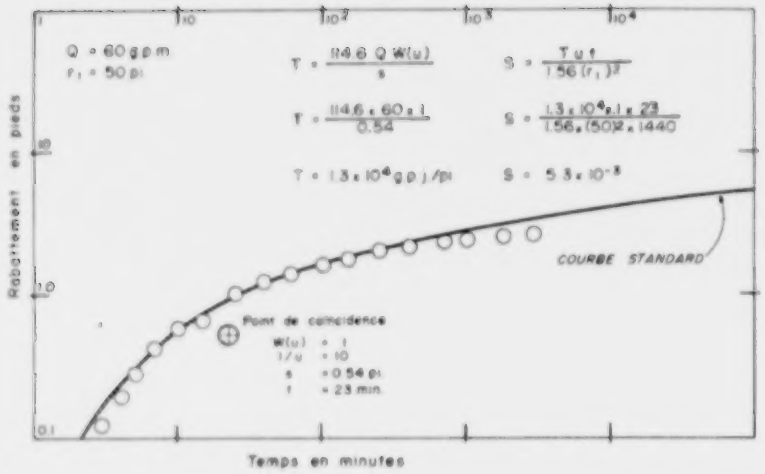


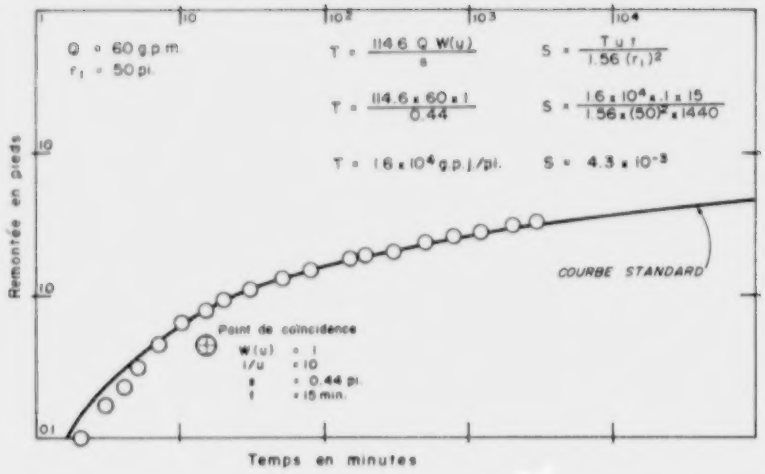


Courbes Rabattement – temps, Remontée – temps (Theis), puits Nos 1, 2 et 3

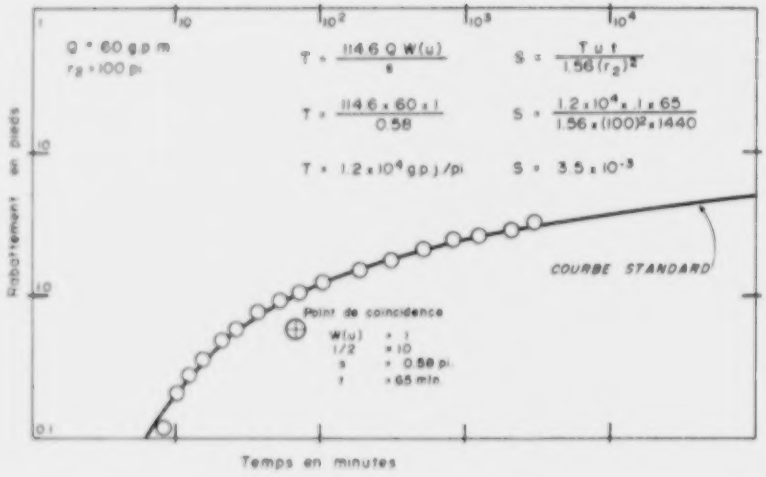
FIGURE 11

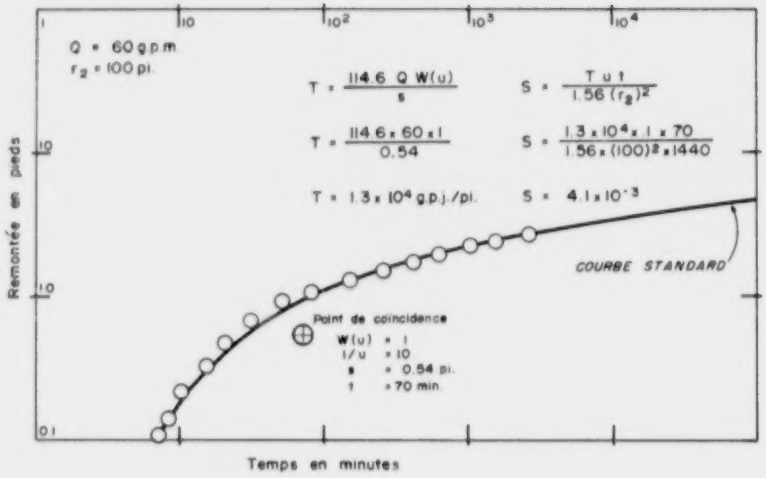
Puits d'observation No 1





Puits d'observation No 2



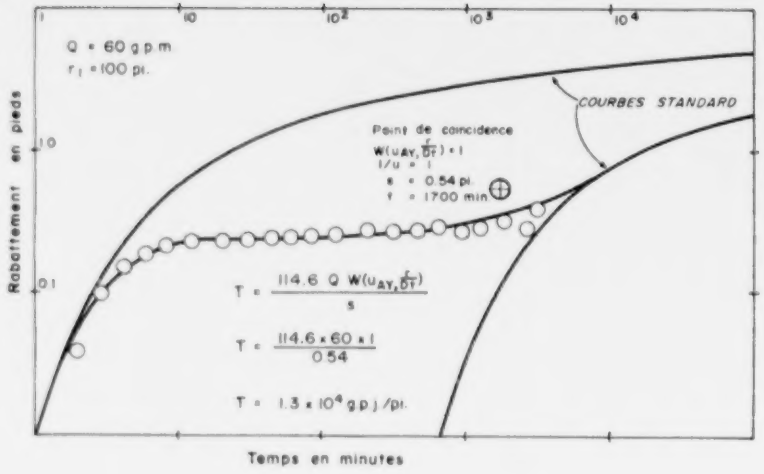


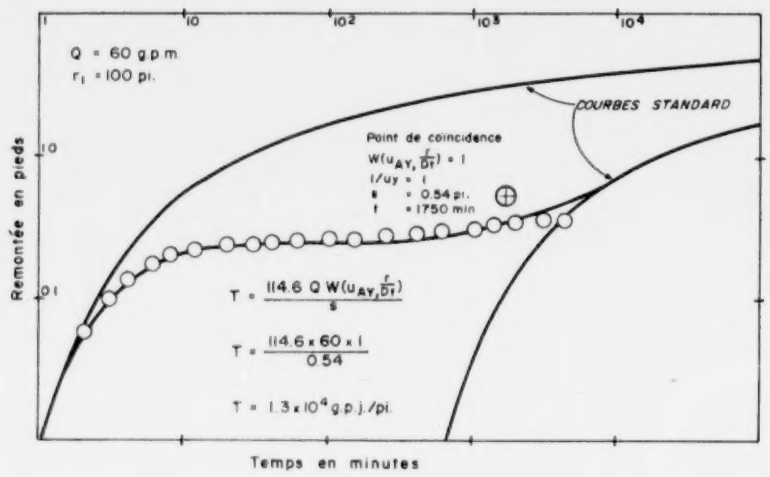
Courbes Rabattement — temps, Remontée — temps (Theis), puits Nos 1 et 2

AQUIFÈRE SAINT-HENRI-DE-TAILLON

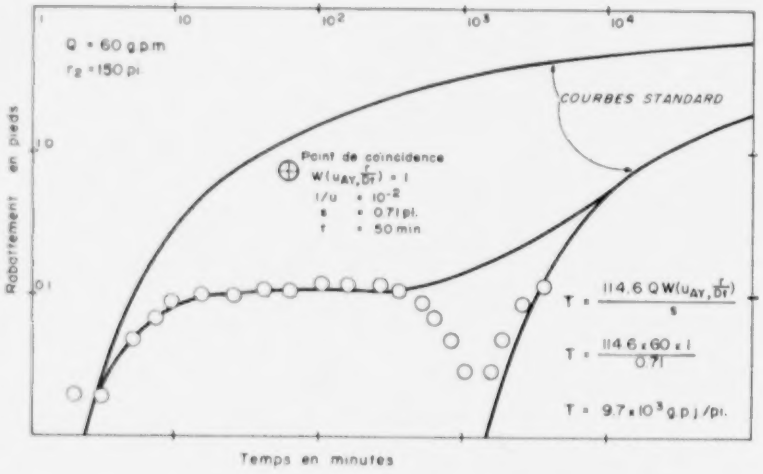
FIGURE 12

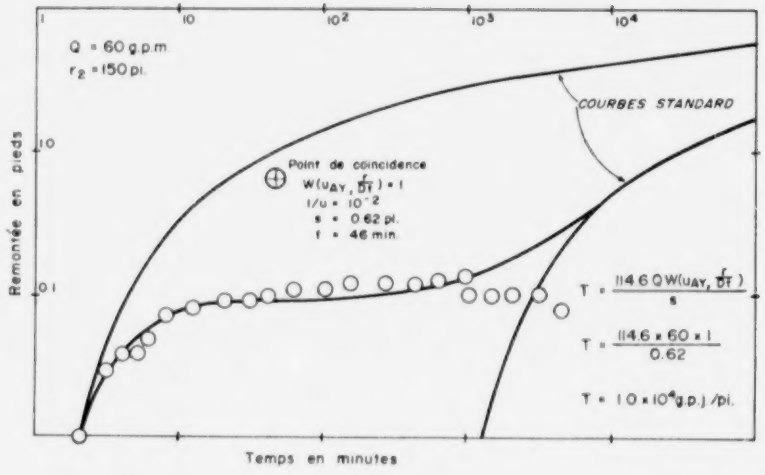
Puits d'observation No1





Puits d'observation No 2





Courbes Rabattement — temps, Remontée — temps (Theis), puits Nos 1 et 2

AQUIFÈRE L'ASCENSION

FIGURE 13

GEOCHIMIE

Pour l'interprétation et la corrélation des résultats des quatre analyses complètes, nous avons utilisé le diagramme triangulaire de Piper et le diagramme semi-logarithmique de Schoeller. Le diagramme de Piper est utilisé afin de classifier les eaux tandis que le diagramme de Schoeller a pour but d'interpréter la composition chimique.

Diagramme de Piper

Les principaux anions et cations exprimés en équivalent par million sont convertis en pourcentage d'équivalent et pointés sur la figure 14. Les anions et les cations sont portés dans les triangles inférieurs et les points ainsi mis en graphique sont projetés dans le losange supérieur qui sert à classifier les eaux. Les échantillons provenant des puits de Saint-Nazaire (70-12) et de Saint-Henri-de-Taillon (70-51) sont semblables et appartiennent au groupe bicarbonaté sodique. L'eau de Saint-Léon (69-21) est riche en chlorure de sodium et fait partie du groupe chloruré sodique alors que celle provenant de la nappe libre de l'Ascension (60-1) est carbonatée calcique.

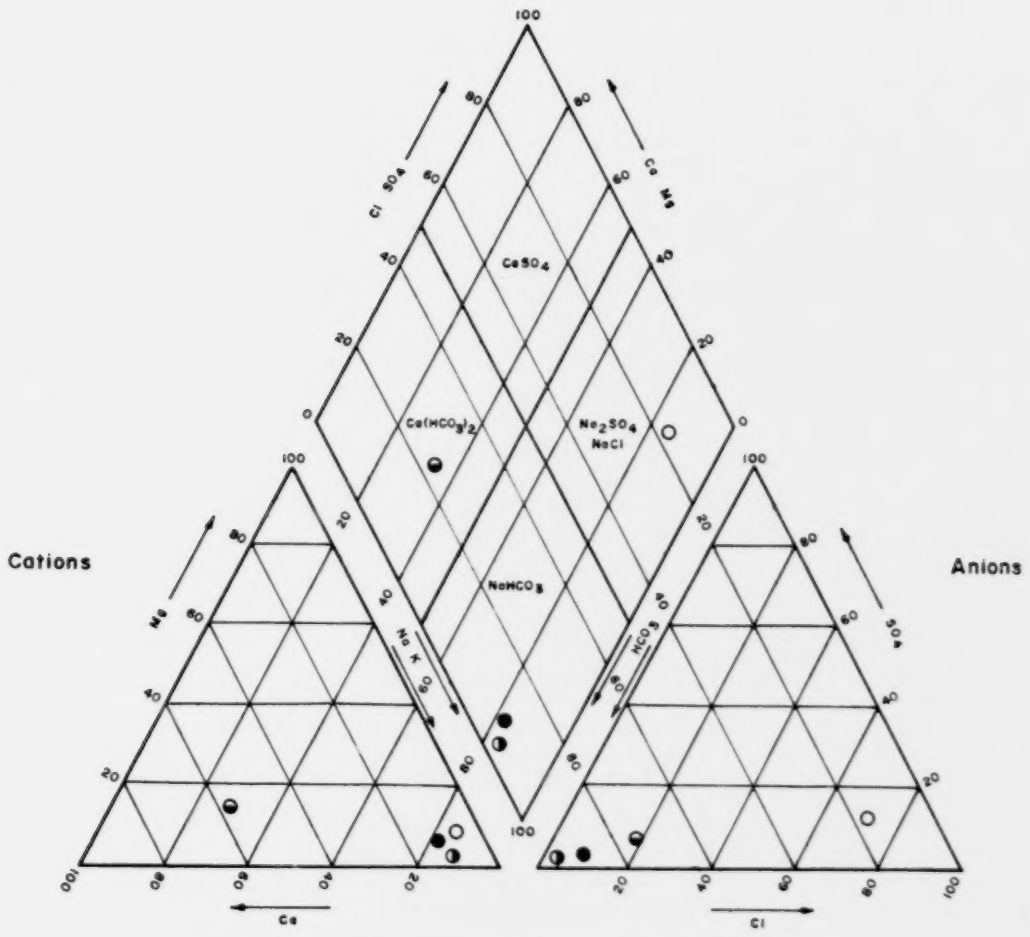
Diagramme de Schoeller

Dans ce diagramme (*Fig. 15*), les principaux anions et cations sont mis sur un graphique semi-logarithmique, ce qui permet l'étude des valeurs de solubilité du $CaSO_4$ (gypse), du pH d'équilibre (pH eq.) et du Kr d'équilibre (Kr eq.)

Solubilité du $CaSO_4$

Le diagramme de Schoeller permet de déterminer si les échantillons analysés sont saturés en $CaSO_4$. Comme le produit de solubilité de $CaSO_4$ est contrôlé par la concentration de NaCl dans l'eau, on utilise l'échelle de solubilité de $CaSO_4$ pour déterminer le point de saturation

DIAGRAMME DE PIPER



Composition chimique de l'eau

LÉGENDE

- ○ Saint-Léon (69-21)
- ● Saint-Nazaire (70-12)
- ◑ Saint-Henri-de-Taillon (70-51)
- ◒ L'Ascension (69-1)

FIGURE 14

DIAGRAMME DE SCHOELLER

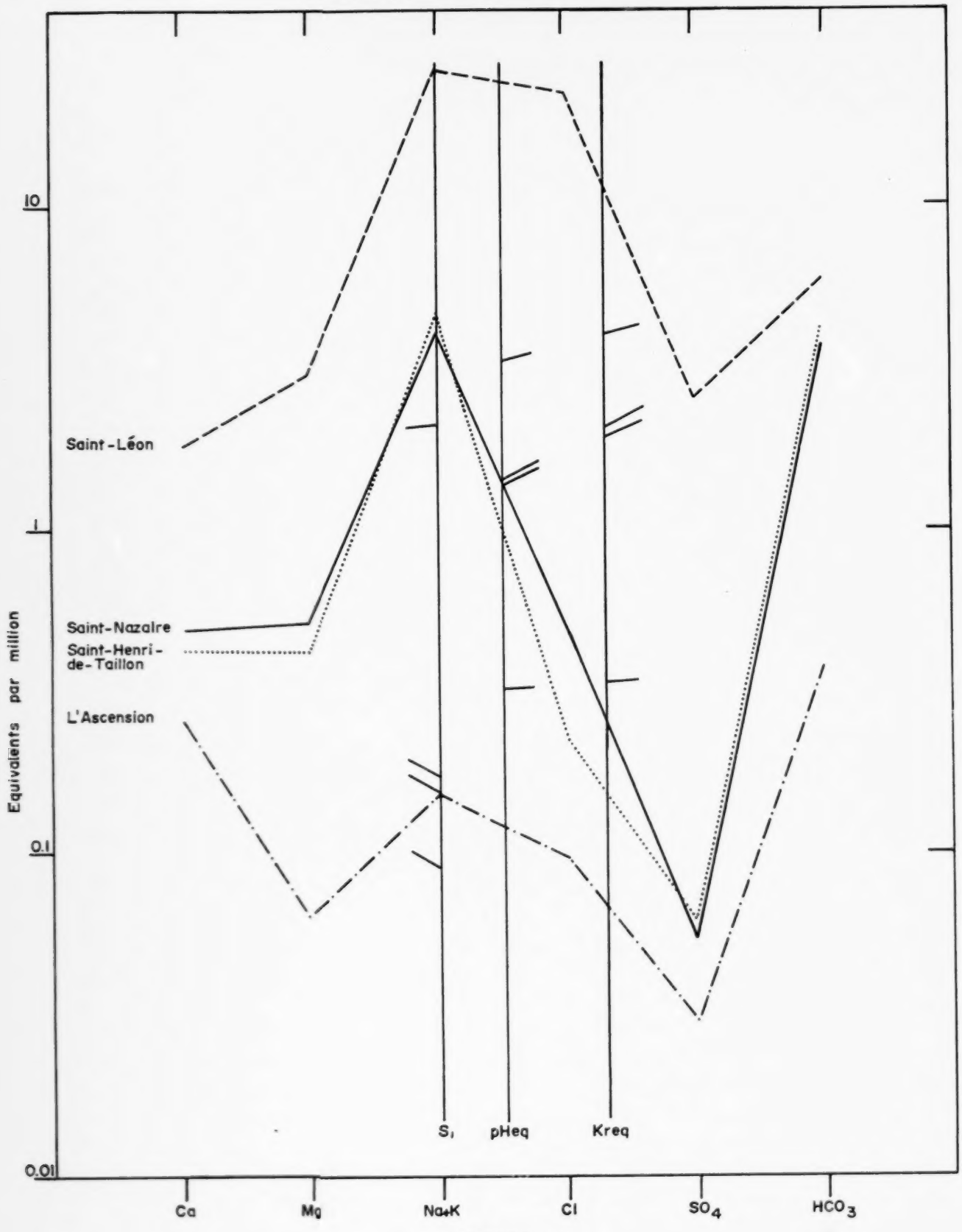


FIGURE 15

du $CaSO_4$ correspondant à chaque valeur de NaCl. Pour les quatre échantillons analysés, le point de saturation $CaSO_4$ est représentée sur la verticale S_1. Dans le cas présent, les valeurs déterminées pour les quatre échantillons varient entre 0.09 et 2.1 e.p.m. Les eaux souterraines ne sont donc pas saturées en $CaSO_4$ puisqu'elles sont loin du point de saturation.

pH

La valeur du pH d'équilibre exprime le degré de saturation de $CaCO_3$. Elle est donnée sur le graphique par l'intersection de la verticale (pH eq.) avec la droite joignant les valeurs absolues de r HCO_3 et r Ca. Les échantillons d'eau analysés provenant des nappes captives ont un pH analytique plus grand que la valeur calculée, ce qui implique que ces eaux sont saturées en $CaCO_3$. Par contre, l'eau de la nappe libre a un caractère agressif vis-à-vis du $CaCO_3$ puisque le pH analytique est inférieur à la valeur calculée.

Kr d'équilibre

Le Kr d'équilibre représente la quantité de $CaCO_3$ pouvant être dissous; lorsque l'eau est saturée en $CaCO_3$, le Kr d'équilibre représente alors la valeur du CO_2 libre. Si le pH eq. est plus grand que le kr eq., l'eau est entartrante et, dans le cas contraire, agressive vis-à-vis du $CaCO_3$. En ce qui concerne les quatre échantillons analysés, le pH eq. étant inférieur au Kr eq., les eaux sont agressives vis-à-vis du $CaCO_3$ tout en étant saturées de $CaCO_3$.

TABLEAU 3

ANALYSES CHIMIQUES																	
ECHANTILLON No:	CONSTITUANTS																
	UNITES	COULEUR	DURETE TOTALE	ALCALINITE TOTALE	CALCIUM	MAGNESIUM	FER	CARBONATES	BI-CARBONATES	CHLORURES	SULFATES	NITRATES	FLUOR	SOLIDES DISSOUS	pH	SODIUM	POTASSIUM
1	mg/1		43	220	8.8	5.1	.20	6.5	286	8.5	3.0	0.9	0.9	290	8.5	98.0	37.8
	epm				.44	.42			4.69	0.24	0.06					4.26	0.2
2	mg/1		87.5	87.5	8.2	6.2	.05	6.3	248	17.5	2.8	0.7	0.5	320	8.4	92.0	7.5
	epm				.41	.51			4.06	0.49	0.6					4.00	0.19
3	mg/1		18	18	5.6	0.8	.50		23	3.5	1.5	0.9	0.0	50	6.9	2.9	1.0
	epm				0.28	0.6			.38	.10	0.03					0.13	.025
4	mg/1	10	244	244	36.5	37.0	.15	6.4	370	813	122.5	0.0	0.5	1753	8.4	610	18.0
	epm				1.82	3.04			6.00	22.9	2.55					26.5	.46

1 - SAINT-HENRI-DE-TAILLON
2 - SAINT-NAZAIRE
3 - L'ASCENSION
4 - SAINT-LEON

CONCLUSIONS

Les sondages stratigraphiques et la campagne de résistivité électrique ont permis de préciser la configuration des dépôts meubles de la région du Lac Saint-Jean et d'y déceler les principales formations aquifères. Une profonde dépression remplie de plus de quatre cents pieds de mort-terrain est à noter dans la région de l'Ascension de même qu'une importante vallée de direction nord-est-sud-ouest dans la région de Saint-Ludger-de-Milot. Comme une série de petits lacs en chapelet est alignée dans cette vallée, la présence d'autres séries de petits lacs pourrait être un indice pour aider à déceler une formation de gravier fluvio-glaciaire.

On note la présence d'argile douce et d'argile salée dans la région, ce qui explique la salinité de l'eau dans les graviers fluvio-glaciaires et dans la roche en place. La campagne de résistivité électrique a été particulièrement utile pour délimiter l'extension de ces argiles ainsi que pour déterminer l'épaisseur des sables et graviers en surface et enfin pour préciser l'allure du toit de la roche en place. Par contre, cette méthode de géophysique ne permet pas de déceler une mince couche de gravier fluvio-glaciaire si elle est sous-jacente à une épaisse couche d'argile. L'eau salée d'une formation de gravier peut également lui donner une conductivité du même ordre de grandeur que celle de l'argile, ce qui rend la détection du gravier sous-jacent à l'argile encore plus difficile.

On a tout de même décelé des aquifères importants dans les régions de Saint-Léon et de Saint-Nazaire. Un aquifère confiné à plus faible perméabilité a également été localisé au nord de Saint-Henri-de-Taillon. La principale formation de nappe libre recouvre toute la partie nord de l'Ascension à partir de la cote 500 pieds jusqu'à la rivière Péribonca. Plus on se rapproche de cette rivière plus l'épaisseur de la formation augmente de même que la granulométrie y devient plus grossière.

Grâce aux épreuves de pompage nous avons pu déterminer les caractéristiques hydrauliques de chacune des formations testées. Les aquifères de Saint-Léon et de Saint-Nazaire permettent l'aménagement de puits pouvant fournir entre 500 et 1,000 g.p.m., tandis que ceux de Saint-Henri-de-Taillon et de l'Ascension peuvent alimenter des puits à débit variant entre 50 et 200 g.p.m.

L'eau des formations de gravier fluvio-glaciaire est d'excellente qualité, sauf aux endroits où l'argile salée lui confère des teneurs en chlorures de l'ordre de 800 mg/l. L'eau de la nappe libre est faiblement minéralisée (résidus secs de 50 mg/l) bien que la teneur en fer atteigne 0.5 mg/l.

BIBLIOGRAPHIE

CHARRON, J.E. — Hydrochemical Interpretation of ground water movement in the Red River Valley, Manitoba (1969) - Inland Waters Branch - Department of Energy, and Resources, Ottawa.

GRENIER, C. — Hydrogéologie de la région du Lac Maskinongé, comtés de Berthier, Maskinongé et Joliette - Ministère des Richesses naturelles - H.G.-5 (1973).

HEM, J.D. — Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water (1959) - U.S.G.S. Paper 1473.

LASALLE, P., L. HARDY et POULIN, P. — Une position du front-glaciaire au nord et au nord-est de la ville de Québec (1973) - Ministère des Richesses naturelles No S-135.

LASALLE, P. et G. TREMBLAY. — Géologie des dépôts meubles de la partie Est du Lac Saint-Jean (1971) - Ministère des Richesses naturelles.

LEHR, J.H. et CAMPBELL, M.D. — Water Well Technology (1973) - McGraw-Hill Book Company.

O.M.S. — Normes Internationales pour l'Eau de Boisson (1965) - Organisation Mondiale de la Santé - Genève.

SCHOELLER, H. — Les Eaux souterraines (1962) - Masson et Cie - Paris.

SCHOELLER, H. — Arid Zone Hydrology, Recent Developments (1959) Unesco - France.

SCHOELLER, H. — La solubilité du fer dans les eaux souterraines (1955) - Annales de l'Institut d'Hydrologie et de Climatologie - Tome XXVI, Fascicule 1, No 78.

SIMARD, G. — Etude hydrogéologique du bassin de la rivière Eaton (1970) - Ministère des Richesses naturelles - H.G.-2.

UTARD, M. — Etude hydrogéologique par sondages électriques dans la région du Lac Saint-Jean (1969) - Rapport de Géoterrex Ltd transmis au ministère des Richesses naturelles.

APPENDICE A

CARTE 22 D/12 E

JOURNAL DES SONDAGES (*Fig. 3*)

67.1

Coordonnées U.T.M.

X = 313.10
Y = 5397.80

0	-	95'	:	Sable grossier.
95'	-	120'	:	Sable grossier et lits d'argile.
120'	-	155'	:	Argile et lits de sable grossier.
155'	-	217'	:	Argile.
217'	-	218'	:	Roc.

67.2

Coordonnées U.T.M.

X = 307.90
Y = 5394.50

0	-	10'	:	Sable fin.
10'	-	20'	:	Argile.
20'	-	150'	:	Argile et lits de sable fin.
150'	-	151'	:	Roc.

67.3

Coordonnées U.T.M.

X = 302.40
Y = 5391.15

0	-	41'	:	Argile.
41'	-	45'	:	Roc trituré.
45'	-	46'	:	Roc.

68.47

Coordonnées U.T.M.

X = 300.40
Y = 5400.90

0	-	5'	:	Argile pure, très dure, grise.
5'	-	10'	:	Argile grise, bleue, plus molle et contenant de minces bandes de sable fin.
10'	-	60'	:	Argile, encore plus molle et pure.
60'	-	65'	:	Sable très fin, brun.
65'	-	80'	:	Sable contenant quelques grains très grossiers.
80'	-	95'	:	Sable moyen à grossier, assez propre.
95'	-	110'	:	Gravier fin assez propre; grains anguleux.
110'	-	125'	:	Gravier (même type) mais de grosseur plus uniforme.

125'	-	140'	:	Gravier fin uniforme propre.
140'	-	144'	:	"Pebbles" moyens à granuleux.
	à	144'	:	Roc.

68.49 Coordonnées U.T.M.

X = 300.50
Y = 5393.50

0	-	5'	:	Argile pure, brune, fluide.
5'	-	10'	:	Argile plus dure.
10'	-	15'	:	Argile pure, gris-bleu, plus molle.
15'	-	30'	:	Argile contenant de nombreux fragments de coquilles.
30'	-	70'	:	Argile pure.
70'	-	73'	:	Argile contenant du sable très fin et quelques granules.
	à	73'	:	Roc.

69.1 Coordonnées U.T.M.

X = 304.10
Y = 5398.95

0	-	25'	:	Sable très grossier propre, contenant des cailloux jusqu'à ½" de diamètre.
25'	-	45'	:	Sable très grossier contenant un peu de sable fin.
45'	-	100'	:	Sable fin.
100'	-	120'	:	Sable très fin et silt interstratifiés.
120'	-	140'	:	Argile pure interstratifiée de sable fin.
145'	-	175'	:	Sable très fin avec argile.
175'	-	285'	:	Argile pure, grise.
285'	-	356'	:	Gravier et argile.
	à	356'	:	Roc.

69.2 Coordonnées U.T.M.

X = 302.50
Y = 5397.90

0	-	15'	:	Sable grossier, moyen, propre, bien trié.
15'	-	35'	:	Sable moyen à très fin.
35'	-	60'	:	Sable très fin.
60'	-	65'	:	Sable très fin avec argile.
65'	-	85'	:	Argile avec lits de gravier
85'	-	220'	:	Argile.
220'	-	225'	:	Argile avec quelques fragments de coquilles. Un peu de sable.
225'	-	230'	:	Argile avec un peu de sable.
230'	-	245'	:	Argile contenant des cailloux jusqu'à ½" de diamètre.

	245'	- 263'	:	Gravier et boulders entremêlés.
		à 263'	:	Roc.

69.3 Coordonnées U.T.M.

X 304.10
Y 5398.90

0	- 5'	:	Gravier très fin, propre, cailloux jusqu'à ½" de diamètre.
5'	- 20'	:	Sable granulaire, bien trié, un peu de sable fin.
20'	- 35'	:	Sable granulaire.
35'	- 50'	:	Sable moyen (50%), sable fin.
50'	- 55'	:	Sable avec un peu d'argile.
55'	- 80'	:	Sable très fin, gris.
	à 80'	:	Fin du sondage.

69.4 Coordonnées U.T.M.

X 304.10
Y 5398.90

Même coupe stratigraphique que le forage No 69.3.

69.5 Coordonnées U.T.M.

X 303.90
Y 5398.50

0	- 35'	:	Sable très grossier, bien trié, gris.
35'	- 40'	:	Sable rougeâtre.
40'	- 65'	:	Sable grossier avec un peu de sable fin.
65'	- 120'	:	Lits d'argile et de sable fin en alternance.
120'	- 155'	:	Argile pure.
155'	- 160'	:	Lits de matériel grossier dans l'argile.
160'	- 335'	:	Argile pure.
335'	- 350'	:	Argile, dure à forer (Till).
	à 350'	:	Roc.

69.6 Coordonnées U.T.M.

X 303.45
Y 5397.10

0	- 5'	:	Sable grossier, avec du gravier à granules.
5'	- 10'	:	Sable grossier.
10'	- 20'	:	Sable grossier devenant plus fin.
20'	- 35'	:	Sable grossier avec sable très fin.
35'	- 40'	:	Sable très fin de consistance motteuse.

	40'	- 152'	:	Argile
	152'	- 160'	:	Lits de gravier dans l'argile.
	160'	- 240'	:	Argile.
	240'	- 260'	:	Formation dure (Gravier, Till?).
	260'	- 385'	:	Argile.
	385'	- 406'	:	Gravier ou till.
		à 406'	:	Roc.

69.7 Coordonnées U.T.M.

X = 305.15
Y = 5389.95

	0	- 5'	:	Sable très fin avec un peu d'argile.
	5'	- 90'	:	Argile bleue pure.
	90'	- 94'	:	Gravier.
		à 94'	:	Roc.

69.8 Coordonnées U.T.M.

X = 302.30
Y = 5389.55

	0	- 60'	:	Argile bleue.
	60'	- 62'	:	Gravier fin.
		à 62'	:	Roc.

69.11 Coordonnées U.T.M.

X = 298.30
Y = 5390.60

	0	- 116'	:	Argile bleue pure.
	116'	- 119'	:	Matériau dur, non suturé (Till?).
		à 119'	:	Roc.

69.12 Coordonnées U.T.M.

X = 311.20
Y = 5389.90

	0	- 10'	:	Argile et silt, couleur gris-brun.
	10'	- 95'	:	Argile bleue.
	95'	- 112'	:	Sable moyen, bien trié, propre.
		à 112'	:	Roc.

69.13 Coordonnées U.T.M.

X = 298.65
Y = 5397.45

	0	- 152'	:	Argile grise en surface devenant plus bleue avec la profondeur.
	152'	- 154'	:	Matériau dur, non saturé (Till).
		à 154'	:	Roc.

69.14 Coordonnées U.T.M.

X = 299.80
Y = 5397.15

0	-	126'	:	Argile, brune en surface devenant bleue en profondeur.
	à	126'	:	Roc.

69.15 Coordonnées U.T.M.

X = 300.90
Y = 5397.65

0	-	7'	:	Sable très fin, propre, bien trié.
7'	-	15'	:	Argile bleue.
15'	-	156'	:	Argile bleue, pure.
156'	-	160'	:	Matériau dur, non saturé.
	à	160'	:	Roc.

69.16 Coordonnées U.T.M.

X = 301.50
Y = 5396.50

0	-	148'	:	Argile bleue.
	à	148'	:	Roc.

69.17 Coordonnées U.T.M.

X = 306.00
Y = 5395.10

0	-	55'	:	Argile bleue.
55'	-	75'	:	Lits de sable fin dans l'argile.
75'	-	228'	:	Lits minces de sable très fin dans l'argile.
228'	-	235'	:	Gravier.
	à	235'	:	Roc.

69.18 Coordonnées U.T.M.

X = 309.75
Y = 5394.00

0	-	5'	:	Sable fin, propre.
5'	-	30'	:	Sable fin, interstratifié de lits d'argile.
30'	-	145'	:	Sable très fin, interstratifié de lits d'argile.
145'	-	170'	:	Sable granulaire, grossier et uniforme.
170'	-	221'	:	Matériau devient plus grossier; granules; " pebbles " moyens.
	à	221'	:	Roc.

69.19

Coordonnées U.T.M.

X = 310.25
Y = 5393.75

0	-	20'	::	Argile brune avec quelques cailloux jusqu'à 1/4" de diamètre.
20'	-	30'	:	Sable très fin avec silt.
30'	-	70'	:	Argile grise.
70'		95'	:	Gravier très fin à moyen, mal trié et contenant un peu d'argile.
95'	-	105'	:	Le gravier plus grossier remonte à la surface avec la boue.
105'	-	125'	:	Gravier interstratifié d'argile.
125'	-	155'	:	Gravier plus grossier (3/4" maximum). La fraction majeure étant formée de sable fin.
155'	-	170'	:	Gravier très fin, propre, bien trié.
170'	-	185'	:	Gravier moyen à grossier.
185'	-	213'	:	Till: le matériau devient plus grossier et plus sale.
	à	213'	:	Roc.

69.20

Coordonnées U.T.M.

X = 309.85
Y = 5394.30

0	-	8'	:	Sable très fin.
8'	-	40'	:	Sable très fin avec lits d'argile.
40'	-	65'	:	Argile dans sable; devient bleue.
65'	-	80'	:	Argile pure.
80'	-	135'	:	Lits de sable très fin dans l'argile.
135'	-	145'	:	Sable grossier dans matrice de sable très fin et d'argile.
145'	-	165'	:	Gravier moyen fin.
165'	-	206'	:	Gravier mal trié, sale.
	à	206'	:	Roc.

69.21

Coordonnées U.T.M.

X = 310.25
Y = 5393.70

0	-	7'	:	Sable très fin.
7'	-	15'	:	Sable très fin avec quelques cailloux de 1/4" de diamètre
15'	-	30'	:	Sable très fin avec argile.
30'	-	70'	:	Argile bleue.
70'	-	100'	:	Gravier moyen à grossier, propre.
100'	-	125'	:	Gravier grossier. Plus dur à forer.
	à	125'	:	Arrêt.

69.22 Coordonnées U.T.M.

X = 310.25
Y = 5393.65

0	-	125'	:	Stratigraphie semblable au forage No 69.21.

69.23 Coordonnées U.T.M.

X = 310.25
Y = 5393.65

0	-	125'	:	Stratigraphie semblable au forage No 69.21.

69.24 Coordonnées U.T.M.

X = 300.25
Y = 5401.00

0	-	5'	:	Sable fin de surface
5'	-	65'	:	Argile.
65'	-	80'	:	Sable moyen à fin, argileux
80'	-	110'	:	Sable grossier et gravier à granules, propre.
110'	-	127'	:	Gravier plus grossier à granules.
127'	-	169'	:	Gravier grossier, propre. Cailloux de forme sub-arrondie (Till?).
	à	169'	:	Roc.

69.25 Coordonnées U.T.M.

X = 306.55
Y = 5391.70

0	-	168'	:	Argile bleue, pure.
168'	-	177'	:	Till.
	à	177'	:	Roc.

69.26 Coordonnées U.T.M.

X = 303.55
Y = 5391.70

0	-	135'	:	Argile entrelitée avec du sable très fin, devenant moyen par endroits.
	à	135'	:	Arrêt.

69.27 Coordonnées U.T.M.

X = 310.75
Y = 5386.32

0	-	18'	:	Argile gris-bleu

	18'	- 25'	:	Gravier moyen-fin, propre.
	25'	- 65'	:	Gravier grossier-moyen, contient fragments de roc anguleux ou sub-anguleux; contient lits minces d'argile.
		à 65'	:	Fin du sondage, gravier au-delà de 65'.

70.1 Coordonnées U.T.M.

X = 304.75
Y = 5400.50

	0	- 20'	:	Sable grossier.
	20'	- 35'	:	Gravier et sable grossier.
	35'	- 224'	:	Argile.
	224'	- 226'	:	Gravier et boulders.
		à 226'	:	Roc.

70.2 Coordonnées U.T.M.

X = 305.80
Y = 5401.65

	0	- 30'	:	Sable grossier, moyen et gravier fin.
	30'	- 35'		Silt avec intercalation de sable grossier et gravier fin.
	35'	- 90'	:	Sable, gravier, lits d'argile.
	90'	- 205'	:	Argile grise, sèche.
	205'	- 211'	:	Gravier fin.
		à 211'	:	Roc.

70.3 Coordonnées U.T.M.

X = 308.26
Y = 5388.10

	0	- 62'	:	Argile grise, sèche.
	62'	- 65'	:	Sable moyen et gravier fin.
		à 65'	:	Roc.

70.4 Coordonnées U.T.M.

X = 309.75
Y = 5387.20

	0	- 30'	:	Argile grise, sèche, compacte.
	30'	- 70'	:	Sable fin à moyen.
	70'	- 80'	:	Gravier fin à moyen à sable grossier.
	80'	- 90'	:	Gravier à granules et sable grossier
	90'	- 99'	:	Gravier et sable grossier.
		à 99'	:	Roc.

70.5 Coordonnées U.T.M.

X = 310.98
Y = 5386.80

0	-	5'	:	Terre végétale brune contenant du bois.
5'	-	90'	:	Argile grise.
90'	-	100'	:	Sable fin à moyen
100'	-	101'	:	Sable grossier et gravier fin.
	à	101'	:	Roc.

70.6 Coordonnées U.T.M.

X = 311.87
Y = 5385.67

0	-	145'	:	Argile grise.
145'	-	156'	:	Gravier grossier avec sable fin et moyen.
156'	-	162'	:	Till ou boulders.
	à	162'	:	Roc.

70.7 Coordonnées U.T.M.

X = 312.85
Y = 5382.28

0	-	10'	:	Sable moyen.
10'	-	25'	:	Silt ou sable très fin.
25'	-	90'	:	Argile grise.
90'	-	94'	:	Gravier.
	à	94'	:	Roc.

70.8 Coordonnées U.T.M.

X = 312.85
Y = 5388.10

0	-	90'	:	Argile grise.
90'	-	102'	:	Sable très fin.
	à	102'	:	Roc.

70.9 Coordonnées U.T.M.

X = 313.92
Y = 5392.00

0	-	130'	:	Argile grise.
130'	-	135'	:	Gravier fin (prédominant) à grossier et sable hétérogène.
	à	135'	:	Roc.

70.10 Coordonnées U.T.M.

X = 311.60
Y = 5383.83

0	-	33'	:	Argile grise, sèche.
	à	33'	:	Roc.

70.11 Coordonnées U.T.M.

X = 309.68
Y = 5386.98

0	-	5'	:	Argile grise et coquilles.
5'	-	47'	:	Argile grise.
47'	-	50'	:	Sable moyen à fin.
50'	-	80'	:	Sable grossier et gravier fin et cailloux.
80'	-	85'	:	Sable grossier et gravier.
85'	-	100'	:	Sable grossier et gravier et lits d'argile.
100'	-	105'	:	Sable grossier et gravier fin.
105'	-	110'	:	Sable grossier (75%) et gravier fin.
110'	-	117'	:	Sable grossier et gravier.
	à	117'	:	Roc.

70.12 Coordonnées U.T.M.

X = 309.73
Y = 5387.05

0	-	5'	:	Argile brune, compacte.
5'	-	47'	:	Argile grise, compacte.
47'	-	50'	:	Sable très fin.
50'	-	70'	:	Sable fin et gravier.
70'	-	85'	:	Sable grossier et gravier
85'	-	100'	:	Sable grossier et gravier (lits d'argile).
100'	-	110'	:	Sable grossier et gravier.
110'	-	115'	:	Sable grossier, gravier et lits d'argile.
115'	-	121'	:	Sable grossier et gravier.
	à	121'	:	Roc.

70.13 Coordonnées U.T.M.

X = 309.85
Y = 5387.27

0	-	7'	:	Argile brunâtre compacte.
7'	-	50'	:	Argile grise, compacte.
50'	-	55'	:	Sable très fin (lits d'argile).

	55'	- 65'	:	Sable fin à grossier.
	65'	- 70'	:	Sable moyen et gravier.
	70'	- 95'	:	Sable grossier et gravier.
	95'	- 110'	:	Sable grossier et gravier et lits d'argile.
	110'	- 118'	:	Sable grossier et gravier et lits d'argile.
		à 118'	:	Roc.

70.14 Coordonnées U.T.M.

X = 309.50
Y = 5387.35

	0	- 5'	:	Argile oxydée,brune.
	5'	- 55'	:	Argile grise,assez compacte.
	55'	- 65'	:	Argile grise contenant sable grossier et moyen.
	65'	- 75'	:	Argile grise, sèche.
	75'	- 85'	:	Argile grise, plus humide.
	85'	- 90'	:	Argile grise, sable hétérogène.
	90'	- 95'	:	Argile grise,humide.
	95'	- 110'	:	Argile et lits de sable très fin.
	110'	- 120'	:	Argile grise avec lits de sable fin et moyen.
	120'	- 133'	:	Sable moyen et gravier.
		à 133'	:	Roc.

70.15 Coordonnées U.T.M.

X = 312.51
Y = 5384.53

	0	- 10'	:	Argile contenant sable fin et moyen.
	10'	- 25'	:	Argile grise.
	25'	- 35'	:	Argile grise avec lits de sable très fin.
	35'	- 55'	:	Sable fin et grossier.
	55'	- 80'	:	Sable fin, gravier, cailloux.

APPENDICE B

CARTE 22 D/12 W

JOURNAL DES SONDAGES (*Fig. 8*)

67.5

Coordonnées U.T.M.

X = 287.6
Y = 5399.7

0	-	5'	:	Sable moyen à grossier avec granules.
5'	-	20'	:	Semblable avec lits d'argile.
20'	-	35'	:	Sable fin et moyen gris.
35'	-	45'	:	Sable, très grossier, granulaire. 60% d'argile.
45'	-	55'	:	Argile avec granules.
55'	-	105'	:	Argile avec sable grossier.
105'	-	165'	:	Argile pure.
165'	-	180'	:	Argile avec un peu de sable fin.
180'	-	189'	:	Semblable; fragments de coquilles.
189'	-	193'	:	Argile, avec granules et gravier.
	à	193'	:	Roc.

69.10

Coordonnées U.T.M.

X = 288.95
Y = 5395.30

0	-	7'	:	Sable très fin.
7'	-	66'	:	Argile bleue.
	à	66'	:	Roc.

70.16

Coordonnées U.T.M.

X = 293.25
Y = 5394.95

0	-	27'	:	Argile grise et coquilles.
27'	-	32'	:	Sable très fin et grossier.
	à	32'	:	Roc.

70.17

Coordonnées U.T.M.

X = 288.68
Y = 5396.25

0	-	3'	:	Sable fin et grossier avec terre végétale.
3'	-	88'	:	Argile grise et sèche, compacte.
88'	-	89'	:	Sable fin et grossier.

70.18 Coordonnées U.T.M.

X = 292.15
Y = 5398.75

0	-	10'	:	Argile brune, oxydée.
10'	-	33'	:	Argile grise et coquilles.
33'	-	49'	:	Sable très fin à moyen.
	à	49'	:	Roc.

70.19 Coordonnées U.T.M.

X = 290.75
Y = 5398.98

0	-	5'	:	Sable brun-jaune, fin à grossier.
5'	-	11'	:	Sable gris fin à grossier.
11'	-	44'	:	Argile grise compacte.
44'	-	45'	:	Sable fin à grossier avec cailloux.
	à	45'	:	Roc.

70.20 Coordonnées U.T.M.

X = 290.25
Y = 5399.15

0	-	5'	:	Sable fin à grossier et cailloux.
5'	-	14'	:	Argile grise.
14'	-	25'	:	Gravier fin.
	à	25'	:	Roc.

70.21 Coordonnées U.T.M.

X = 290.05
Y = 5399.20

0	-	5'	:	Sable fin brun.
5'	-	15'	:	Sable fin à grossier et gravier fin.
15'	-	30'	:	Silt.
30'	-	51'	:	Argile grise.
51'	-	53'	:	Sable fin, gris.
	à	53'	:	Roc.

70.22 Coordonnées U.T.M.

X = 289.85
Y = 5400.65

0	-	7'	:	Sable moyen et grossier.
7'	-	80'	:	Argile grise, compacte (intercalation de lits de sable).
	à	80'	:	Roc.

70.23 Coordonnées U.T.M.

X = 287.4
Y = 5401.6

0	-	5'	:	Sable brun,fin et grossier.
5'	-	47'	:	Sable moyen et grossier et gravier fin.
47'	-	232'	:	Argile grise.
232'	-	239'	:	Gravier fin et moyen.
	à	239'	:	Roc.

70.24 Coordonnées U.T.M.

X = 289.65
Y = 5401.6

0	-	10'	:	Sable fin et très fin.
10'	-	20'	:	Sable moyen et grossier et gravier fin.
20'	-	25'	:	Sable moyen et grossier et gravier, cailloux.
25'	-	130'	:	Argile grise compacte sèche.
130'	-	137'	:	Sable grossier et gravier fin et cailloux.

70.25 Coordonnées U.T.M.

X = 285.5
Y = 5401.8

0	-	10'	:	Sable fin et grossier.
10'	-	22'	:	Sable fin et grossier et gravier fin.
22'	-	177'	:	Argile grise,sèche,compacte.
177'	-	181'	:	Sable grossier et gravier.
	à	181'	:	Roc.

70.42 Coordonnées U.T.M.

X = 291.35
Y = 5398.7

0	-	60'	:	Argile grise.
60'	-	65'	:	Sable fin et très fin.
65'	-	79'	:	Sable moyen et grossier;till à 73'.
	à	79'	:	Roc.

70.48 Coordonnées U.T.M.

X = 292.6
Y = 5399.7

0	-	35'	:	Argile.
35'	-	50'	:	Argile silteuse.
50'	-	77'	:	Argile.
77'	-	81'	:	Sable.
	à	81'	:	Roc.

70.49 — Coordonnées U.T.M.

X = 292.5
Y = 5399.3

0	-	50'	:	Argile.
50'	-	73'	:	Argile avec lits de sable fin.
73'	-	80'	:	Gravier.
	à	80'	:	Roc.

70.50 — Coordonnées U.T.M.

X = 292.4
Y = 5399.1

0	-	35'	:	Argile.
35'	-	50'	:	Argile avec lits de sable fin.
50'	-	53'	:	Gravier.
	à	53'	:	Roc.

70.51 — Coordonnées U.T.M.

X = 292.15
Y = 5398.65

0	-	40'	:	Argile.
40'	-	58'	:	Sable grossier.

70.52 — Coordonnées U.T.M.

X = 292.25
Y = 5398.85

0	-	53'	:	Argile.
53'	-	61'	:	Sable.

S-1 — Coordonnées U.T.M.

X = 296.8
Y = 5400.62

0	-	2'	:	Terre noire.
2'	-	91'	:	Argile bleue, silteuse, sèche.
91'	-	93'	:	Gravier argileux.
	à	93'	:	Roc.

S-2 — Coordonnées U.T.M.

X = 297.4
Y = 5400.6

0	-	1'	:	Terre noire.
1'	-	199'	:	Argile bleue, silteuse, sèche.
199'	-	202'	:	Gravier fin argileux.
	à	202'	:	Roc.

S-6

Coordonnées U.T.M.

X = 297.65
Y = 5400.2

0	-	2'	:	Gravier rapporté.
2'	-	188'	:	Argile bleue, silteuse, sèche.
188'	-	190'	:	Gravier fin.
	à	190'	:	Idem.

APPENDICE C

CARTE 22 D/13 W

JOURNAL DES SONDAGES (*Fig. 7*)

70.26 — Coordonnées U.T.M.

X = 289.55
Y = 5410.25

0	-	15'	:	Sable fin.
15'	-	42'	:	Argile grise.
42'	-	45'	:	Gravier fin.
	à	45'	:	Roc.

70.27 — Coordonnées U.T.M.

X = 288.7
Y = 5408.25

0	-	35'	:	Sable fin.
35'	-	153'	:	Argile grise.
153'	-	157'	:	Gravier fin avec cailloux.
	à	157'	:	Roc.

70.28 — Coordonnées U.T.M.

X = 286.85
Y = 5408.55

0	-	5'	:	Sable fin.
5'	-	105'	:	Argile grise, sèche, compacte.
105'	-	108'	:	Gravier fin.
	à	108'	:	Roc.

70.29 — Coordonnées U.T.M.

X = 286.3
Y = 5406.9

0	-	72'	:	Argile grise, sèche, compacte.
72'	-	78'	:	Sable grossier, gravier fin et cailloux.

70.30 — Coordonnées U.T.M.

X = 287.85
Y = 5405.05

0	-	20'	:	Sable très fin.
20'	-	50'	:	Sable fin avec lits d'argile.

	50'	- 138'	:	Argile grise compacte.
	138'	- 142'	:	Gravier fin et grossier.
		à 142'	:	Roc.

70.31 Coordonnées U.T.M.

X = 289.3
Y = 5404.6

	0	- 10'	:	Sable fin et moyen.
	10'	- 17'	:	Sable fin, grossier et cailloux.
	17'	- 104'	:	Argile grise sèche, compacte.
	104'	- 113'	:	Gravier.
		à 113'	:	Roc.

70.32 Coordonnées U.T.M.

X = 283.45
Y = 5407.35

	0	- 59'	:	Argile grise, compacte, sèche.
	59'	- 73'	:	Sable moyen et gravier fin et cailloux.
		à 73'	:	Roc.

70.33 Coordonnées U.T.M.

X = 282.6
Y = 5408.35

	0	- 25'	:	Argile grise.
		à 25'	:	Roc.

70.34 Coordonnées U.T.M.

X = 280.42
Y = 5409.25

	0	- 113'	:	Argile grise, sèche, compacte.
	113'	- 114'	:	Gravier.
		à 114'	:	Roc.

70.53 Coordonnées U.T.M.

X = 285.10
Y = 5409.25

	0	- 76'	:	Argile
	76'	- 78'	:	Sable grossier et gravier.
		à 78'	:	Roc.

70.54 Coordonnées U.T.M.

X = 282.65
Y = 5412.05

0	- 85'	:	Argile.
85'	- 89'	:	Sable grossier et gravier.
	à 89'	:	Roc.

70.55 Coordonnées U.T.M.

X = 281.35
Y = 5412.25

0	- 46'	:	Argile.
46'	- 51'	:	Sable grossier et gravier.

70.61 Coordonnées U.T.M.

X = 292.05
Y = 5420.15

0	- 14'	:	Sable grossier.
14'	- 34'	:	Argile.
34'	- 45'	:	Sable fin et gravier.
45'	- 73'	:	Gravier et lits de till.
73'	- 85'	:	Boulders et gravier avec lits de till.
85'	- 91'	:	Gravier.
	à 91'	:	Roc.

70.62 Coordonnées U.T.M.

X = 290.9
Y = 5425.85

0	- 10'	:	Sable.
10'	- 20'	:	Sable grossier.
20'	- 40'	:	Gravier.
40'	- 50'	:	Gravier avec lits d'argile.
50'	- 240'	:	Argile.
240'	- 280'	:	Till.
280'	- 340'	:	Till et silt.
340'	- 376'	:	Till.
	à 376'	:	Roc.

70.63 Coordonnées U.T.M.

X = 292.1
Y = 5421.9

0	- 17'	:	Sable grossier et gravier.
17'	- 135'	:	Argile.
135'	- 185'	:	Silt et lits de sable grossier.
185'	- 200'	:	Till.
200'	- 215'	:	Till et petits lits de gravier dans l'argile.
215'	- 323'	:	Till.
	à 323'	:	Roc.

70 64 — Coordonnées U.T.M.

X = 292.1
Y = 5418.6

0	-	20'	:	Sable grossier.
20'	-	195'	:	Argile.
195'	-	214'	:	Till.
214'	-	224'	:	Till et boulders.
	à	224'	:	Roc.

70.65 — Coordonnées U.T.M.

X = 292.0
Y = 5416.05

0	-	15'	:	Sable grossier.
15'	-	18'	:	Gravier.
18'	-	25'	:	Argile.
25'	-	50'	:	Sable grossier et gravier et petits lits d'argile.
50'	-	135'	:	Argile.
135'	-	145'	:	Argile et gravier.
145'	-	185'	:	Sable grossier et gravier avec lits d'argile et de sable très fin.
185'	-	204'	:	Sable fin avec argile et gravier.
	à	204'	:	Roc.

S-3 — Coordonnées U.T.M.

X = 295.9
Y = 5404.2

0	-	1'	:	Terre noire.
1'	-	60'	:	Argile bleue, silteuse, sèche.
60'	-	63'	:	Gravier grossier.
		63'	:	Roc.

S-4 — Coordonnées U.T.M.

X = 296.5
Y = 5405.6

0	-	10'	:	Sable brun, moyen à grossier.
10'	-	45'	:	Sable gris, moyen devenant de plus en plus fin.
45'	-	170'	:	Argile bleue, silteuse, sèche.
170'	-	214'	:	Gravier grossier, saturé.
	à	214'	:	Roc.

S-5 — Coordonnées U.T.M.

X = 296.3
Y = 5404.0

0	-	1'	:	Terre noire.
1'	-	26'	:	Argile bleue, silteuse, sèche.
26'	-	45'	:	Gravier grossier, saturé.
	à	45'	:	

APPENDICE D

CARTE 32 A/16 E

JOURNAL DES SONDAGES (*Fig. 5*)

67.6 Coordonnées U.T.M.

X = 714.0
Y = 5407.9

0	-	5'	:	Sable très fin à fin. Riche en biotite.
5'	-	40'	:	Sable très fin à fin. Un peu d'argile.
40'	-	60'	:	Sable fin. Bonne quantité d'argile.
60'	-	65'	:	Argile. Un peu de sable très fin.
65'	-	105'	:	Argile pure.
105'	-	110'	:	Argile.
110'	-	115'	:	Argile avec gravier.
115'	-	121'	:	Gravier.
	à	121'	:	Roc.

67.7 Coordonnées U.T.M.

X = 710.9
Y = 5414.1

0	-	15'	:	Sable moyen, bien trié.
15'	-	50'	:	Sable très fin à moyen. Bien trié, beaucoup de micas.
50'	-	60'	:	Sable très fin à fin.
60'	-	100'	:	Sable très fin.
100'	-	120'	:	Sable très fin. Quantité variable d'argile
120'	-	155'	:	Argile avec sable très fin.
155'	-	185'	:	Argile (avec silt?).
185'	-	190'	:	Argile noire.
190'	-	196'	:	Semblable, contient un peu de gravier.
	à	196'	:	Roc.

67.8 Coordonnées U.T.M.

X = 708.5
Y = 5421.1

0	-	15'	:	Sable fin à moyen.
15'	-	25'	:	Sable moyen à grossier.
25'	-	30'	:	Sable moyen et granulaire.
30'	-	40'	:	Argile avec sable très grossier.
40'	-	90'	:	Argile.
90'	-	104'	:	Argile noire.

	104'	- 106.5'	:	Gravier.
		à 106.5	:	Roc.
68.25				Coordonnées U.T.M.
				X = 709.5
				Y = 5412.8
	0	- 25'	:	Sable moyen bien trié.
	25'	- 60'	:	Sable fin, avec un peu d'argile.
	60'	- 70'	:	Sable moyen.
	70'	- 90'	:	Sable très fin.
	90'	- 100'	:	Argile.
	100'	- 140'	:	Sable très fin. Argile.
	140'	- 216'	:	Argile pure.
		à 216'	:	Roc.
70.35				Coordonnées U.T.M.
				X = 719.25
				Y = 5406.9
	0	- 75'	:	Argile grise.
	75'	- 95'	:	Sable grossier et gravier, silt.
	95'	- 106'	:	Gravier fin et lits d'argile.
		à 106'	:	Roc.
70.36				Coordonnées U.T.M.
				X = 718.12
				Y = 5406.55
	0	- 29'	:	Argile grise, sèche, compacte.
	29'	- 45'	:	Silt, sable grossier, gravier.
		à 45'	:	Roc.
70.37				Coordonnées U.T.M.
				X = 716.95
				Y = 5406.75
	0	- 61'	:	Argile grise.
	61'	- 65'	:	Sable grossier et gravier fin.
	65'	- 75'	:	Sable très fin et grossier. Boulders à 65'.
	75'	- 83'	:	Till ou argile avec graviers.
		à 83'	:	Roc.
70.38				Coordonnées U.T.M.
				X = 717.0
				Y = 5407.9
	0	- 33'	:	Argile grise.

33'	- 43'	:	Sable très fin et gravier fin.
à	43'	:	Roc.

70.39 Coordonnées U.T.M.

X = 718.2
Y = 5411.38

0	- 138'	:	Argile grise.
138'	- 149'	:	Gravier fin, sable grossier.
à	149'	:	Roc.

70.40 Coordonnées U.T.M.

X = 716.3
Y = 5411.38

0	- 76'	:	Argile grise, sèche.
76'	- 79'	:	Gravier.
à	79'	:	Roc.

70.41 Coordonnées U.T.M.

X = 718.7
Y = 5401.305

0	- 115'	:	Argile grise.
115'	- 119'	:	Gravier.
à	119'	:	Roc.

70.56 Coordonnées U.T.M.

X = 716.95
Y = 5310.35

0	- 7'	:	Sable fin, brun.
7'	- 84'	:	Argile.
84'	- 90!	:	Gravier.
à	90'	:	Roc.

70.57 Coordonnées U.T.M.

X = 715.4
Y = 5409.2

0	- 4'	:	Sable très fin.
4'	- 90'	:	Silt avec lits d'argile.
90'	- 154'	:	Argile.
154'	- 165'	:	Sable grossier et gravier.
à	165'	:	Roc.

70.58

Coordonnées U.T.M.

X 716.1
Y 5407.5

0	-	5'	:	Silt.
5'	-	77'	:	Argile.
77'	-	182'	:	Till et boulders.
	à	182'	:	Roc.

70.66

Coordonnées U.T.M.

X 711.5
Y 5404.0

0	-	35'	:	Silt avec lits d'argile.
35'	-	75'	:	Sable fin.
75'	-	175'	:	Argile.
175'	-	184'	:	Gravier et boulders.
184'	-	186'	:	Till.

70.67

Coordonnées U.T.M.

X 715.65
Y 5412.05

0	-	5'	:	Sable.
5'	-	85'	:	Argile.
85'	-	89'	:	Gravier.
	à	89'	:	Roc.

70.68

Coordonnées U.T.M.

X 714.5
Y 5413.8

0	-	20'	:	Sable fin.
20'	-	82'	:	Argile.
82'	-	86'	:	Gravier.

70.70

Coordonnées U.T M.

X 713.35
Y 5422.25

0	-	5'	:	Gravier.
5'	-	12'	:	Argile.
12'	-	21'	:	Gravier avec lits d'argile.
	à	21'	:	Roc.

70.71

Coordonnées U.T.M.

X 713.5
Y 5420.5

0	-	30'	:	Argile.
30'	-	50'	:	Sable grossier et gravier.
50'	-	58'	:	Gravier.
58'	-	62'	:	Till.
	à	62'	:	Roc.

70.73 Coordonnées U.T.M.

X 712.1
Y 5414.8

0	-	35'	:	Silt.
35'	-	50'	:	Sable fin.
50'	-	90'	:	Argile et lits de sable fin.
90'	-	142'	:	Argile.
142'	-	144'	:	Gravier.
	à	144'	:	Roc.

70.74 Coordonnées U.T.M.

X 708.85
Y 5413.85

0	-	10'	:	Sable fin.
10'	-	50'	:	Silt.
50'	-	140'	:	Sable fin avec lits d'argile.
140'	-	214'	:	Argile.
214'	-	221'	:	Sable grossier et gravier.
	à	221'	:	Roc.

70.75 Coordonnées U.T.M.

X 708.85
Y 5414.9

0	-	65'	:	Sable fin.
65'	-	150'	:	Silt avec lits d'argile.
150'	-	213'	:	Argile.
213'	-	222'	:	Till.
222'	-	226'	:	Gravier et roc concassé.
	à	226'	:	Roc.

70.76 Coordonnées U.T.M.

X 705.4
Y 5412.25

0	-	10'	:	Silt.
10'	-	50'	:	Sable fin et silt.
50'	-	130'	:	Silt avec petits lits d'argile.
130'	-	180'	:	Argile avec petits lits de silt.
180'	-	233'	:	Argile.
233'	-	234'	:	Till.
	à	234'	:	Roc.

70.77 Coordonnées U.T.M.

X = 713.5
Y = 5420.5

0	-	30'	:	Argile.
30'	-	45'	:	Sable.
45'	-	55'	:	Gravier.
55'	-	61'	:	Gravier avec lits d'argile.

70.78 Coordonnées U.T.M.

X = 714.25
Y = 5420.95

0	-	64'	:	Argile.
64'	-	68'	:	Sable très fin et sable grossier.

70.79 Coordonnées U.T.M.

X = 714.25
Y = 5419.65

0	-	130'	:	Argile.
130'	-	138'	:	Gravier.
138'	-	140'	:	Till.

70.80 Coordonnées U.T.M.

X = 714.0
Y = 5429.45

0	-	63'	:	Argile.
63'	-	70'	:	Sable grossier et gravier avec lits d'argile.
	à	70'	:	Roc.

70.81 Coordonnées U.T.M.

X = 715.7
Y = 5428.5

0	-	24'	:	Argile.
24'	-	29'	:	Gravier avec sable fin et lits d'argile ou till.
29'	-	39'	:	Boulders ou roc concassé.
	à	39'	:	Roc.

70.82 Coordonnées U.T.M.

X = 709.95
Y = 5427.95

0	-	5'	:	Sable fin.
5'	-	69'	:	Argile.
69'	-	73'	:	Gravier et sable fin.
	-	73'	:	Roc.

70.83 Coordonnées U.T.M.

X = 710.05
Y = 5422.1

0	-	15'	:	Sable très fin.
15'	-	80'	:	Silt avec lits d'argile.
80'	-	90'	:	Silt.
90'	-	171'	:	Argile.
171'	-	173'	:	Gravier.
	à	173'	:	Roc.

70.84 Coordonnées U.T.M.

X = 707.55
Y = 5421.65

0	-	30'	:	Sable fin.
30'	-	65'	:	Silt avec lits d'argile.
65'	-	110'	:	Argile.
110'	-	125'	:	Sable grossier et gravier avec lits d'argile ou till.
125'	-	141'	:	Gravier avec lits de till.
141'	-	143'	:	Till
	à	143'	:	Roc.

70.85 Coordonnées U.T.M.

X = 706.3
Y = 5420.6

0	-	5'	:	Sable fin.
5'	-	10'	:	Sable avec lits d'argile.
10'	-	61'	:	Argile.
61'	-	63'	:	Gravier.
	à	63'	:	Roc.

70.86 Coordonnées U.T.M.

X = 705.55
Y = 5419.85

0	-	20'	:	Sable.
20'	-	65'	:	Argile.
65'	-	75'	:	Sable fin.

70.87 Coordonnées U.T.M.

X 706.5
Y 5418.85

0	-	20'	:	Sable.
20'	-	70'	:	Argile avec lits de gravier et de sable.
70'	-	140'	:	Argile.
140'	-	170'	:	Argile avec lits de sable.
170'	-	178'	:	Gravier.
	à	178'	:	Roc.

70.88 Coordonnées U.T.M.

X 704.75
Y 5413.65

0	-	5'	:	Sable.
5'	-	35'	:	Sable grossier.
35'	-	40'	:	Sable.
40'	-	155'	:	Sable fin avec lits d'argile.
155'	-	230'	:	Sable très fin avec lits d'argile.
230'	-	238'	:	Gravier.
	à	238'	:	Roc.

70.89 Coordonnées U.T.M.

X 705.0
Y 5212.15

0	-	35'	:	Sable.
35'	-	155'	:	Sable très fin avec lits d'argile.
155'	-	250'	:	Roc.

70.90 Coordonnées U.T.M.

X 702.1
Y 5409.95

0	-	35'	:	Sable grossier.
35'	-	50'	:	Sable très fin.
50'	-	95'	:	Argile avec lits de sable fin.
95'	-	120'	:	Argile.
120'	-	140'	:	Gravier.
140'	-	175'	:	Gravier avec till.

70.91 Coordonnées U.T.M.

X 703.1
Y 5408.6

0	- 20'	:	Sable fin.
20'	- 50'	:	Argile.
50'	- 65'	:	Silt avec lits d'argile.
65'	- 120'	:	Silt.
120'	- 175'	:	Argile.
175'	- 186'	:	Till avec lits de gravier.
	à 186'	:	Roc.

70.92 Coordonnées U.T.M.

X 704.05
Y 5409.5

0	- 20'	:	Sable moyen.
20'	- 40'	:	Sable moyen et lits de gravier.
40'	- 65'	:	Sable fin.
65'	- 110'	:	Silt.
110'	- 150'	:	Argile avec lits de silt.
150'	- 210'	:	Silt avec petits lits d'argile.
210'	- 275'	:	Argile.
275'	- 278'	:	Till.

70.93 Coordonnées U.T.M.

X 703.9
Y 5409.5

0	- 20'	:	Sable moyen.
20'	- 25'	:	Sable grossier et gravier.
25'	- 50'	:	Silt.
50'	- 90'	:	Silt avec petits lits d'argile.
90'	- 210'	:	Argile avec petits lits de silt.
210'	- 276'	:	Argile avec petits lits de gravier ou till.
276'	- 285'	:	Till.

70.95 Coordonnées U.T.M.

X 704.65
Y 5424.05

0	- 20'	:	Sable très fin.
20'	- 102'	:	Argile.

70.96 Coordonnées U.T.M.

X 708.3
Y 5429.7

0	- 10'	:	Sable grossier.
10'	- 80'	:	Argile.

70.97 Coordonnées U.T.M.

X 708.05
Y 5428.5

0	-	5'	:	Sable.
5'	-	92'	:	Argile.

70.98 Coordonnées U.T.M.

X 707.05
Y 5425.95

0	-	5'	:	Sable.
5'	-	100'	:	Argile.
100'	-	118'	:	Sable et gravier.

70.99 Coordonnées U.T.M.

X 705.6
Y 5424.65

0	-	10'	:	Sable fin.
10'	-	15'	:	Sable grossier.
15'	-	78'	:	Argile.

APPENDICE E

EPREUVE DE POMPAGE

DU PUITS SAINT-LEON (69-21)

Date: 29/12/69 au 03/11/69 R_1 = 100 pieds

Débit: 460 G.P.M. R_2 = 172 pieds

Localisation: Saint-Léon (69-21)

RABATTEMENT PENDANT LE POMPAGE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
0	0.00	0	0.00
1	0.00	1	0.00
2	0.28	2	0.00
3	0.43	3	0.00
4	0.53	4	0.00
5	0.61	5	0.00
6	0.69	6	0.00
7	0.73	7	0.01
8	0.81	8	0.05
10	0.91	10	0.07
12	1.02	12	0.08
15	1.12	15	0.09
18	1.23	18	0.10
20	1.30	20	0.12
25	1.45	25	0.16
30	1.57	30	0.21
35	1.69	35	0.28
41	1.81	40	0.37
40	1.99	50	0.54
60	2.13	60	0.73
80	2.47	80	1.04
100	2.74	100	1.39
120	3.00	120	1.68
150	3.35	150	2.09
200	3.88	200	2.74
250	4.37	250	3.19
300	4.77	300	3.70
350	5.15	350	4.09
400	5.42	400	4.44

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
450	3.88	450	4.80
500	6.00	500	5.12
550	6.24	550	5.46
600	6.47	600	5.71
650	6.69	650	5.94
700	6.92	700	6.19
750	7.10	750	6.38
800	7.24	800	6.54
900	7.53	900	6.86
1000	7.77	1000	7.13
1100	7.98	1100	7.37
1200	8.26	1200	7.71
1300	8.34	1300	7.80
1400	8.47	1400	7.95
1500	8.60	1500	8.11
2000	9.07	2000	8.63
2500	9.41	3000	9.26
3500	9.77		
4000	9.92		
4320	9.98		

REMONTEE APRES L'ARRET DE LA POMPE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
0	0.00	0	0.00
1	0.11	1	0.00
2	0.30	2	0.18
3	0.42	3	0.18
4	0.53	4	0.27
5	0.61	5	0.36
6	0.69	6	0.45
7	0.75	7	0.54
8	0.81	8	0.60
9	0.87	9	0.68
10	0.91	10	0.73
12	1.01	12	0.77
15	1.12	15	0.83
18	1.23	18	0.85

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
20	1.30	20	0.91
25	1.44	25	1.07
31	1.60	30	1.25
35	1.68	36	1.25
40	1.78	40	1.27
51	2.02	50	1.43
60	2.15	60	1.64
80	2.45	81	1.95
100	2.72	100	2.25
120	2.99	120	2.52
150	3.35	150	2.91
200	4.18	200	
250	4.31	240	3.76
300	4.75	300	4.28
500	6.05	500	5.66
550	6.31	550	5.92
600	6.45	600	5.98
650	7.67	650	6.19
700	6.91	700	7.46
800	7.27	800	7.76
900	7.59	900	7.23
1500	8.71	1500	8.41
2000	9.10	2000	8.80
3000	9.60	3000	9.31
3840	9.80	3840	9.52
4320	9.97	4320	9.60

EPREUVE DE POMPAGE DU PUITS SAINT-NAZAIRE (70-12)

Date: 19/08/70 au 25/08/70

Débit: 470 G.P.M.

Localisation: Saint-Nazaire (70-12)

R_1 = 66 pieds

R_2 = 151.6 pieds

R_3 = 560 pieds

RABATTEMENT PENDANT LE POMPAGE

PUI.	D'OBSERVATION NO 1	PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS D'OBSERVATION NO 3		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	00.00
1	02	1	0.30	1	0.00	1	
2	3	2	0.69	2	0.01	2	19.65
3	1.04	3	1.01	3	0.01	3	19.77
4	1.79	4	1.25	4	0.01	4	19.79
5	1.92	5	1.42	5	0.01	5	19.91
6	2.01	6	1.56	6	0.02	6	19.35
7	2.08	7	1.68	7	0.03	7	
8	2.17	8	1.77	8	0.04	8	19.54
9	2.26	9	1.86	9	0.04	9	19.65
10	2.31	10	1.94	10	0.05	10	19.71
12	2.43	12	2.08	12	0.08	12	19.81
15	2.60	15	2.24	15	0.10	15	20.03
20	2.80	20	2.47	18	0.13	18	20.15
25	2.97	25	2.64	20	0.16	20	20.22
30	3.07	30	2.77	25	0.21	25	20.48
35	3.14	35	2.88	30	0.25	30	20.59

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS D'OBSERVATION NO 3		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
40	3.22	40	2.95	40	0.31	40	20.34
50	3.35	50	3.08	50	0.32	50	20.60
60	3.44	60	3.21	60	0.43	60	20.69
73	3.59	70	3.27	80	0.50	80	21.06
80	3.64	80	3.36	100	0.59	100	21.06
100	3.75	100	3.48	120	0.63	120	21.13
120	3.86	120	3.58	150	0.70	150	21.30
150	3.98	150	3.72	180	0.79	180	21.41
180	4.12	180	3.83	200	0.81	200	21.40
200	4.19	200	3.88	250	0.89	250	21.50
248	4.27	250	4.01	300	0.97	300	21.72
300	4.39	300	4.16	357	1.06	350	21.73
350	4.48	350	4.25	400	1.11	400	21.74
400	4.63	408	4.37	450	1.15	450	21.82
450	4.71	450	4.45	500	1.20	500	21.95
500	4.80	500	4.54	550	1.26	550	22.05
550	4.90	550	4.62	600	1.32	600	22.12
600	4.91	600	4.72	700	1.41	700	22.36
700	5.16	700	4.89	800	1.53	800	22.62
800	5.35	800	5.06	1000	1.71	1000	22.71
1000	5.59	1000	5.35	1200	2.09	1200	22.98
1200	5.90	1200	5.63	1500	2.16	1500	23.28
1500	6.22	1500	5.93	1620	2.16	1800	23.71
1800	6.54	1800	6.32	1800	2.28	2000	24.41
2000	6.80	2000	6.53	2000	2.38	2280	24.36
2500	7.25	2500	6.98	2500	2.72	2880	24.77
2880	7.60	2880	7.34	2880	2.96		

REMONTEE APRES L'ARRET DE LA POMPE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS D'OBSERVATION NO 3		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	1.06	1	0.30	1	0.00	1	18.33
2	1.37	2	0.67	2	0.01	2	18.40
3	1.57	3	0.97	3	0.01	3	18.73
4	1.72	4	1.19	4	0.01	4	18.87
5	1.85	5	1.37	5	0.02	5	
6	1.95	6	1.51	6	0.02	6	16.21
7	2.05	7	1.62	7	0.02	7	18.34
8	2.13	8	1.73	8	0.03	8	19.28
9	2.20	9	1.82	9	0.04	9	17.00
10	2.29	10	1.90	10	0.06	10	19.45
12	2.40	12	2.03	12	0.07	12	20.00
15	2.54	15	2.21	15	0.09	15	19.69
20	2.74	20	2.42	20	0.15	20	19.91
25	2.88	25	2.57	25	0.18	25	20.02
30	2.98	30	2.69	30	0.22	30	20.12
35	3.07	35	2.78	35	0.26	35	20.22
40	3.13	40	2.85	40	0.29	40	20.30
45	3.20	45	2.92	45	0.30	45	20.35
50	3.25	50	2.97	50	0.33	50	20.41
60	3.33	60	3.07	60	0.36	60	20.50
70	3.41	70	3.13	70	0.39	70	20.56
80	3.49	82	3.21	80	0.45	80	20.63
101	3.55	101	3.22	100	0.48	101	20.72
120	3.92	120	3.36	120	0.52	125	20.81
150	3.73	150	3.47	150	0.55	150	20.89
180	3.80	180	3.54	180	0.61	180	20.96

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS D'OBSERVATION NO 3		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
200	3.84	200	3.58	200	0.64	200	21.06
255	3.98	250	3.73	250	0.70	265	21.13
300	4.04	300	3.76	300	0.76	300	21.21
350	4.10	350	3.81	350	0.78	350	21.30
400	4.16	400	3.92	400	0.81	400	21.37
450	4.21	450	3.94	450	0.83	450	21.40
510	4.28	510	4.02	500	0.90	515	21.48
600	4.37	600	4.11	600	0.94	600	21.55
700	4.45	700	4.22	700	0.98	700	21.62
800	4.55	800	4.30	800	1.14	800	21.73
1000	4.73	1000	4.56	1000	1.11	1000	21.92
1200	4.77	1200	4.60	1200	1.19	1200	22.14
1500	4.03	1500	4.79	1500	1.31	1500	22.23
1800	5.21	1800	4.94	1800	1.38	1800	22.39
2000	5.39	2000	5.03	2000	1.42	2000	22.40
2370	5.47	2370	5.22	2374	1.53	2385	22.65
2880	5.65	2880	5.40	2880	1.61	2880	22.85

EPREUVE DE POMPAGE DU PUITS DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON (70-51)

Date: 15/09/70 au 21/09/70 R_1 = 50 pieds

Débit: 60 G.P.M. R_2 = 100 pieds

Localisation: Saint-Henri-de-Taillon (70-51)

RABATTEMENT PENDANT LE POMPAGE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	0.01	1	0.01	1	17.86
2	0.06	2	0.00	2	20.63
3	0.13	3	0.01	3	20.42
4	0.21	4	0.02	4	20.72
5	0.29	5	0.03	5	20.16
6	0.37	6	0.07	6	20.19
7	0.43	7	0.10	7	
8	0.49	8	0.12	8	20.68
9	0.55	9	0.17	9	20.25
10	0.60	10	0.21	10	20.24
12	0.67	12	0.27	12	20.83
15	0.79	15	0.37	15	21.13
20	0.93	20	0.50	20	22.33
25	1.06	25	0.60	25	22.43
30	1.14	30	0.69	30	22.58
35	1.21	35	0.78	36	22.60
40	1.27	40	0.84	40	22.60

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
50	1.37	50	0.96	50	22.80
60	1.44	60	1.02	60	22.81
70	1.52	70	1.06	70	23.10
80	1.57	80	1.13	80	23.06
100	1.66	100	1.23	100	23.08
120	1.74	120	1.31	120	23.22
150	1.83	150	1.42	150	23.39
180	1.94	180	1.51	180	23.81
205	2.01	205	1.58	205	23.77
25[illegible]	2.12	250	1.68	250	23.90
3[illegible]	2.24	300	1.79	300	24.25
3[illegible]	2.24	350	1.90	350	24.30
[illegible]0	2.43	400	2.02	400	24.38
4[illegible]	2.49	450	2.04	450	24.13
500	2.55	500	2.12	500	24.28
550	2.63	550	2.18	550	24.59
600	2.69	600	2.25	600	24.52
700	2.83	700	2.39	700	23.96
800	2.93	800	2.49	800	23.98
1000	2.99	1000	2.58	1000	24.23
1200	3.02	1200	2.62	1200	23.14
1500	3.08	1500	2.67	1500	22.92
1800	3.26	1800	2.83	1800	24.61
2000	3.31	2000	2.90	2000	23.98
2500	3.63	2500	3.21	2500	26.64
2880	3.79	2880	3.35	2880	26.63

REMONTEE APRES L'ARRET DE LA POMPE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	0.03	1	0.00	1	
2	0.09	2	0.00	2	10.89
3	0.17	3	0.01	3	12.52
4	0.23	4	0.03	4	11.67
5	0.31	5	0.05	5	11.97
6	0.39	6	0.07	6	12.07
7	0.44	7	0.11	7	12.13
8	0.50	8	0.14	8	12.20
9	0.55	9	0.17	9	12.25
10	0.64	10	0.22	10	12.31
12	0.68	12	0.28	12	12.37
15	0.78	15	0.33	15	12.51
20	0.92	20	0.49	20	12.57
25	1.02	25	0.61	25	12.64
30	1.09	30	0.68	30	12.71
35	1.16	35	0.75	35	12.77
40	1.21	40	0.80	40	12.82
50	1.29	50	0.93	50	12.88
60	1.26	60	0.98	60	12.93
70	1.41	70	1.02	70	12.97
80	1.46	80	1.06	80	13.63
100	1.53	100	1.15	100	13.12
123	1.60	123	1.16	122	13.15
150	1.67	150	1.28	150	13.28
180	1.73	180	1.36	180	13.30
210	1.83	210	1.43	200	13.39
250	1.89	250	1.50	250	13.48

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
300	1.99	300	1.60	300	13.56
350	2.07	350	1.67	350	13.64
400	2.14	400	1.73	400	13.74
450	2.26	450	1.81	450	13.77
500	2.27	500	1.86	500	13.88
550	2.32	550	1.90	550	13.74
600	2.37	600	1.96	600	13.96
700	2.44	700	2.03	700	14.02
800	2.55	800	2.12	800	14.13
1000	2.69	1000	2.25	1000	14.26
1200	2.77	1200	2.34	1200	14.37
1500	2.93	1500	2.40	1500	14.55
2000	3.08	2000	2.65	2000	14.67
2500	3.22	2500	2.72	2500	14.79
2880	3.28	2880	2.84	2880	14.88

EPREUVE DE POMPAGE DU PUITS L'ASCENSION (69-1)

Date: 16/09/69 au 22/09/69 R_1 = 50 pieds

Débit: 60 G.P.M. R_2 = 150 pieds

Localisation: L'Ascension (69-1)

RABATTEMENT PENDANT LE POMPAGE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
0	0.00	0	0.00	0	0.00
1	0.00	1	0.00	2	14.77
2	0.04	2	0.02	4	18.86
3	0.10	3	0.02	6	18.90
4	0.17	4	0.03	8	18.90
5	0.18	5	0.05	11	18.94
6	0.20	6	0.06	15	18.91
7	0.21	7	0.07	20	19.14
8	0.22	8	0.08	25	19.21
10	0.23	9	0.09	30	19.20
12	0.23	12	0.09	35	18.92
15	0.24	15	0.10	40	19.07
20	0.24	21	0.10	50	19.00
25	0.24	25	0.10	61	19.05
30	0.24	30	0.10	80	18.91
40	0.25	40	0.11	100	18.92
45	0.25	45	0.10	120	18.92

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)	Temps (minutes)	Rabattement (pieds)
50	0.25	50	0.11	150	18.92
60	0.25	61	0.11	180	18.93
80	0.26	80	0.12	200	18.98
100	0.26	100	0.12	250	19.01
120	0.27	120	0.12	300	18.93
150	0.27	150	0.12	350	18.89
180	0.27	180	0.12	400	18.82
200	0.29	200	0.12	450	18.79
250	0.29	250	0.12	500	18.90
300	0.29	300	0.12	550	18.95
350	0.29	350	0.11	600	18.92
400	0.29	400	0.09	700	18.93
450	0.29	450	0.09	800	19.67
500	0.30	500	0.09	900	18.94
550	0.28	550	0.07	1000	18.94
600	0.29	600	0.07	1200	18.94
700	0.29	700	0.06	1500	18.92
800	0.28	800	0.05	1800	18.96
900	0.29	900	0.03	2000	19.16
1000	0.29	1000	0.03	2500	19.23
1200	0.30	1200	0.03	3000	18.91
1500	0.31	1500	0.03	3500	18.92
1800	0.34	1800	0.05	4000	18.92
2000	0.34	2000	0.05	4320	18.92
2500	0.30	2500	0.09		
3000	0.40	3000	0.09		
3500	0.42	3500	0.12		
4000	0.44	4000	0.13		
4320	0.44	4320	0.13		

REMONTEE APRES L'ARRET DE LA POMPE

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
0	0.00	0	0.00	00	0.00
1	0.01	1	0.00	1	14.39
2	0.06	2	0.01	2	17.56
3	0.10	3	0.03	4	18.19
4	0.14	4	0.04	5	18.34
5	0.16	5	0.04	6	18.37
6	0.18	6	0.05	7	18.40
7	0.20	7	0.06	8	18.41
8	0.20	8	0.07	9	18.42
9	0.21	9	0.07	10	18.43
10	0.21	10	0.08	12	18.44
12	0.22	12	0.08	15	18.45
15	0.23	15	0.08	20	18.47
20	0.23	20	0.09	25	18.48
25	0.24	25	0.09	30	18.48
30	0.24	30	0.09	35	18.48
35	0.25	35	0.10	40	18.50
40	0.25	40	0.10	45	18.50
45	0.25	45	0.10	50	18.50
50	0.25	50	0.10	60	18.51
60	0.26	55	0.10	80	18.52
80	0.26	60	0.11	100	18.53
100	0.27	80	0.11	120	18.54
120	0.26	100	0.11	150	18.55
150	0.27	120	0.12	200	18.57
200	0.27	150	0.12	250	18.59
250	0.28	200	0.12	300	18.60
300	0.29	270	0.12	420	18.61

PUITS D'OBSERVATION NO 1		PUITS D'OBSERVATION NO 2		PUITS DE POMPAGE	
Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)	Temps (minutes)	Remontée (pieds)
420	0.29	300	0.12	450	18.62
500	0.30	420	0.12	500	18.63
550	0.30	450	0.12	550	18.63
600	0.31	500	0.13	600	18.63
700	0.33	550	0.13	700	18.62
800	0.33	600	0.13	800	18.63
900	0.33	700	0.13	900	18.63
1000	0.32	800	0.13	1000	18.63
1200	0.32	900	0.13	1200	18.62
1410	0.34	1000	0.10	1410	18.70
1940	0.35	1200	0.10	1940	18.42
3000	0.37	1410	0.10	3000	18.78
3500	0.37	1940	0.10	3500	18.78
4320	0.37	3000	0.10	4320	19.79
		3500	0.10		
		4320	0.08		

APPENDICE F

EXTRAIT DE L'ETUDE GEOELECTRIQUE

DE MICHEL UTARD

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet ARDA 1017, le service de l'Hydrogéologie du ministère des Richesses naturelles a été chargé de la réalisation d'études hydrogéologiques dans la région du Lac Saint-Jean comportant une prospection géophysique par la méthode des résistivités, technique du Sondage Electrique Schlumberger. Par convention en date du 1er octobre, 1969, l'exécution de l'étude géophysique a été confiée à Géoterrex Ltd., compagnie de géophysique basée à Ottawa.

L'objet de la prospection électrique était de:

1 - déterminer l'épaisseur et la nature du mort-terrain;
2 - déterminer l'épaisseur de la nappe salée;
3 - déterminer la nature de la roche en place sous-jacente.

L'équipe géophysique était conduite par monsieur H. Stolz, géophysicien, assisté de monsieur J. Debeaupuis.

La supervision de l'étude a été assurée par monsieur M. Utard, auteur du présent rapport. Une équipe du ministère des Richesses naturelles placée sous la direction d'un hydrogéologue responsable a suivi les différentes phases de l'opération depuis l'exécution des mesures sur le terrain jusqu'au stade de l'analyse et de l'interprétation des résultats.

La zone à prospecter, d'une superficie d'environ 150 milles carrés, a été couverte au moyen de 88 stations de sondages électriques (S.E.) réparties sur huit profils. Les travaux sur le terrain ont duré un mois, du 15 octobre au 14 novembre 1969.

ZONE A PROSPECTER

La zone de l'étude est située à l'Est du Lac Saint-Jean entre la rivière Saguenay au Sud et la rivière Péribonca au Nord. Elle couvre une partie des Basses-Terres du Lac Saint-Jean qui constituent une vaste plaine encadrée par des massifs de roches précambriennes qui forment également des pointements isolés. La plaine dont l'altitude moyenne est comprise entre 350 et 600 pieds constitue une série de terrasses étagées. L'altitude des collines anciennes varie entre 400 et 750 pieds.

METHODES DE PROSPECTION ELECTRIQUE

Paramètres physiques

La résistivité d'un gravier ou d'un sable aquifère dépend d'une part de la résistivité de l'eau ρw de la nappe qu'il contient et d'autre part d'un coefficient de formation F lié à la porosité effective du sable ou du gravier:

$$\rho = F \rho w$$

Si l'on évalue à 8 le coefficient de formation pour un sable à grain moyen et que l'on exprime le résidu sec en équivalent NaCl, la résistivité globale du sable saturé d'eau à 18°C sera en ohm-m:

P.P.M. NaCl	ρw	ρ
200	27	220
1,000	5.6	45
6,000	1	8

Cette formule n'est plus valable lorsque les sables et graviers ne sont pas parfaitement lavés. Une proportion notable d'éléments argileux ou silteux a pour effet d'abaisser de façon sensible la résistivité globale de l'aquifère. Une formation d'alluvions conductrices dont on ne connaît pas les caractéristiques de granulométrie peut donc s'interpréter soit comme un sable argileux, soit comme un aquifère envahi par une nappe salée.

D'autre part lorsqu'un aquifère à eau douce, donc résistant surmonte directement un substratum également résistant à très résistant (par exemple: roches du bouclier canadien), le contraste de résistivté peut être insuffisant pour différencier les deux formations surtout lorsque l'aquifère est lui-même recouvert par un terrain très conducteur (par exemple: des argiles). Dans ce cas, l'emploi complémentaire de la méthode sismique peut être nécessaire pour déterminer la profondeur de la roche en place.

Principe de la méthode

Les méthodes de prospection électrique ont été développées par Conrad Schlumberger (Normandie, 1913). Elles consistent à étudier la distribution en surface des potentiels électriques résultant du passage d'un courant continu créé dans le sol. Le paramètre physique considéré est la résistivité électrique des terrains, défini comme la résistance en ohms d'un matériau mesuré entre deux faces opposées d'un cube de dimension unitaire. En prospection géophysique, l'unité de résistivité est l'ohm-m^2/m ou simplement l'ohm-m.

Les résistivités des roches couvrent une échelle très large et dépendent non seulement de la nature du terrain, mais aussi de la densité, de la porosité (dimension et forme des pores), de la quantité et du type d'eau qu'il contient et enfin de la température. Par exemple, les argiles peuvent présenter des résistivités de quelques ohm-m à quelques dizaines d'ohm-m, tandis que les roches consolidées ou éruptives peuvent atteindre plusieurs centaines à plusieurs milliers d'ohm-m.

Quadripôle - Schlumberger (*Fig. 1*)

Le courant est injecté dans le sol au moyen de deux électrodes A et B; les différences de potentiel V sont mesurés entre deux électrodes imporalisables M et N alignées avec A et B (MN étant petit devant AB). D'après la loi d'Ohm, la résistivité d'un terrain homogène est donnée par:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{1}$$

PRINCIPE DU SONDAGE ÉLECTRIQUE

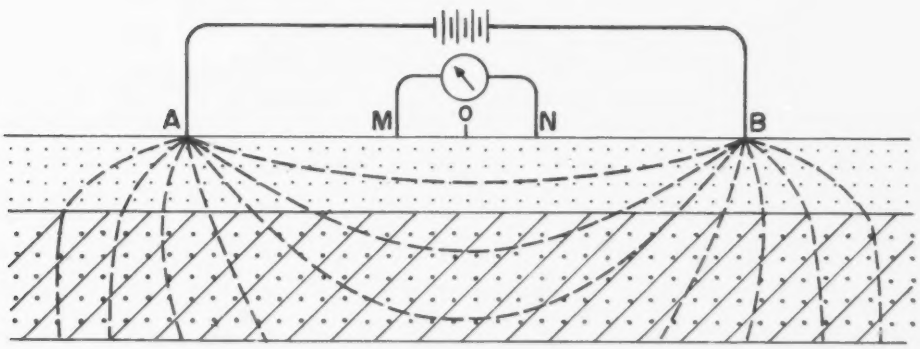


FIGURE 16

PROFONDEUR D'INVESTIGATION

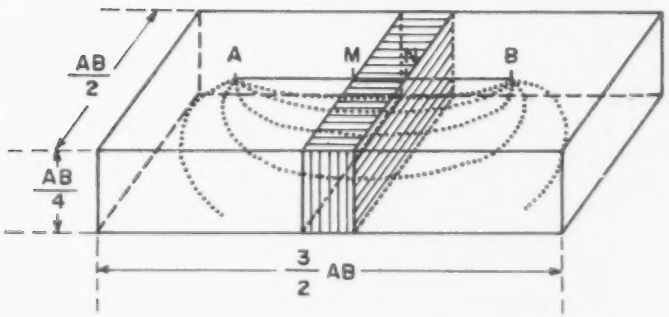


FIGURE 17

K étant un coefficient ne dépendant que de la géométrie du dispositif A, B, M, N. Dans le cas d'un quadripôle symétrique AMONB, le facteur K est:

$$K = \frac{\pi}{4} \frac{AB^2 - MN^2}{MN}$$

Résistivité apparente

Lorsque le milieu est hétérogène, la quantité $K\Delta V/I$ que l'on mesure, varie suivant la configuration de A, B, M et N. On appelle résistivité apparente p_a la résistivité d'un milieu homogène équivalent, dans lequel un même courant d'intensité I aurait produit la même chute de potentiel ΔV. L'objet du sondage électrique est de déterminer la succession des couches de résistivités "vraies" $\rho 1$, $\rho 2$ ..... ρi à partir des variations observées de la courbe des résistivités apparentes p_a.

Sondage électrique

Lorsque l'on augmente progressivement les longueurs de lignes d'envoi de courant OA et OB en maintenant MN fixe, on obtient une série de résistivités apparentes(K étant calculé pour chaque position nouvelle de A et B). Un diagramme de sondage électrique est la courbe formée par les différentes résistivités apparentes en fonction de la demi-longueur de ligne AB/2.

Profondeur d'investigation (*Fig. 2*)

Si le sous-sol est homogène, on admet que la presque totalité des lignes de courant circulent à l'intérieur d'un parallélépipède rectangle de longueur 3/2 AB, de largeur AB/2 et de profondeur AB/4 donnant une idée de la profondeur d'investigation effective et montrant que le volume de terrain intéressé par la mesure s'étend latéralement de part et d'autre de AB. Ce diagramme très schématique ne s'applique pas aux cas concernant plus de deux couches; dans le cas de plusieurs couches reposant

sur un substratum conducteur, la profondeur d'investigation peut n'être que de AB/10.

Distribution des potentiels

A l'interface de deux milieux de résistivités différentes, les surfaces équipotentielles subissent une réfraction; les lignes de courant qui leur sont perpendiculaires tendent à se resserrer dans le milieu résistant et à s'épanouir dans le milieu conducteur. Les équipotentielles sont toujours perpendiculaires à l'interface sol-air, l'air se comportant comme un milieu isolant.

INTERPRETATION

Abaques théoriques

Les diagrammes de S.E. sont reportés sur des grilles bilogarithmiques transparentes (module 62,5 mm) permettant de les comparer par superposition à des abaques pré-calculés. Les premiers abaques de S.E. ont été calculés par la Compagnie Générale de Géophysique dès les années 30, les calculs portant sur 2, 3 et même 4 couches horizontales étaient alors entièrement faits à la main.

Résistance transversale

L'effet d'une couche résistante (encadrée par deux milieux plus conducteurs) ne dépend pas uniquement de la valeur de sa résistivité ρ mais également de son épaisseur h. Le paramètre qui caractérise la couche résistante est sa résistance transversale $R = h\rho$, produit de l'épaisseur h et de la résistivité ρ.

Conductance horizontale

De même le paramètre qui caractérise une couche conductrice de résistivité ρ et d'épaisseur h est sa conductance horizontale $c = h/\rho = h\sigma$, produit de l'épaisseur h par la conductivité σ exprimée en Mho/m.

Principe d'équivalence (Loi de Hummel)

Dans certaines limites, on peut, sans modification de la forme de la couche des résistivités apparentes, remplacer une couche résistante (ou conductrice) par une autre couche de résistivité et d'épaisseur différentes, à condition que le produit $h\rho$ (ou le quotient h/ρ) reste constant.

L'ambiguïté qui résulte de l'application de ce principe (mise à profit pour l'emploi des abaques théoriques) peut être résolue en travaillant uniquement sur les paramètres R et C déterminés quantitativement à partir des abaques, puis en essayant de résoudre les équations équivalentes, $R_i = h_i\rho_i$ et $C_i = h_i/\rho_i$ en utilisant l'une ou l'autre des données (épaisseur ou résistivité) obtenue par un autre moyen; cette donnée peut être tirée soit d'un autre sondage électrique exécuté dans une zone où la couche est suffisamment épaisse ou subaffleurante, soit d'une coupe géologique précise, tirée par exemple d'une donnée de forage. La précision obtenue dans la restitution de la coupe géoélectrique dépend évidemment de la constance approximative des résistivités des diverses couches. Les argiles conductrices constituent en général des marqueurs géoélectriques très fidèles; les formations résistantes sont sujettes à davantage de fluctuations.

Principe de disparition

La présence d'une couche ne peut "se voir" sur le diagramme d'un sondage électrique que pour autant que son épaisseur est suffisante eu égard à sa profondeur et au contraste des résistivités des couches voisines. Ce principe, qui s'applique sans exception à toutes les autres méthodes de prospection géophysique, est assez sensible dans le cas des méthodes géoélectriques.

Interprétation qualitative et quantitative

Nous avons peu insisté jusqu'à présent sur l'extrême importance de l'interprétation qualitative; elle consiste à déterminer le nombre de couches résistantes et conductrices et leur rapport entre elles par l'analyse des diagrammes de S.E. et leur comparaison d'un S.E. à l'autre.

Cette phase conditionne évidemment toute la valeur de l'interprétation quantitative; la synthèse des résultats nécessite de la part de l'interprétateur une formation géologique suffisante et une connaissance parfaite des possibilités et des limites de la méthode.

SYNTHESE DES RESULTATS

Nature du mort-terrain

Le tableau d'équivalence entre l'échelle des résistivités et la nature des différentes formations établi à l'aide des S.E. d'étalonnage paraît valable pour l'ensemble de la zone prospectée. L'étude des sondages électriques permet en effet de distinguer très nettement, d'une part les argiles salées très conductrices de la mer Laflamme et les autres terrains conducteurs à prédominance argileuse, d'autre part des terrains résistants qui constituent la nappe aquifère superficielle s'étendant au Sud de la rivière Péribonca ainsi que des nappes aquifères plus profondes et apparemment plus localisées détectées dans le Nord-Ouest et le Sud-Est de l'étude.

Il ne semble pas cependant que le seul critère de la résistivité puisse permettre d'établir une différenciation valable entre les sables d'une part et les graviers d'autre part; ceux-ci présentent en effet sensiblement les mêmes valeurs de résistivité. De même il est difficile de préciser la nature exacte des matériaux de résistivités moyennes (15 à 30 ohm-m) mais d'intérêt hydrogéologique nul qui peuvent correspondre soit à des argiles sableuses, soit à des argiles et sables stratifiés, soit même à des sables imprégnés par une nappe salée. Notons enfin que la dénomination générale d'argiles figurant sur les coupes de forage peut recouvrir des formations de résistivités assez variables allant de 3 à 60 ohm-m.

Epaisseur de la nappe salée

La principale source de contamination des nappes est sans nulle doute constituée par la masse considérable d'argiles salées dont l'épaisseur peut dépasser 200 pieds. Ces dépôts couvrant près de la moitié de la zone prospectée doivent jouer un rôle majeur dans la géochimie des eaux

de toute la région. Dans la majeure partie de l'étude, il ne semble pas que la nappe salée pénètre très profondément dans la roche en place. La seule zone où un tel envahissement paraît possible est localisée dans le secteur de Saint-Coeur-de-Marie, l'Ascension. Plusieurs sondages dans ce secteur indiquent en effet que jusqu'à une profondeur de 500 à 700 pieds la résistivité de la roche en place se maintient à un niveau très médiocre, ne dépassant guère une centaine d'ohm-m tandis que le diagramme SE G-63 présente même une branche finale descendante. Parmi les différentes hypothèses possibles pour expliquer cette baisse anormale de la résistivité, celle de l'invasion de la roche en place par une nappe salée est l'une des plus vraisemblables.

Nature de la roche en place

Sauf pour ce qui concerne la zone mentionnée ci-dessus, aucune autre différenciation de la résistivité de la roche en place ne permet de prévoir que la nature du substratum résistant soit différente de celle des roches visibles en affleurement.

Formation aquifère

Les chances de rencontrer des lits de graviers perméables dans les dépôts deltaïques de la haute terrasse paraissent d'autant plus élevées que l'on se rapproche davantage du cours actuel de la rivière Péribonca. Il semble que les SE B-34, B-10 et B-19 soient parmi les emplacements les plus favorables pour bénéficier à la fois d'une alimentation abondante et d'une perméabilité, tout en évitant autant que possible les risques d'une contamination éventuelle par les eaux salées circulant au contact des masses d'argiles marines.

Il y a de fortes chances également pour que l'horizon résistant interprété dans le début de la remontée terminale des diagrammes de SE C-27 et C-28 au Nord-Est de Sainte-Monique corresponde à des sédiments fluvio-glaciaires ou à des alluvions grossières en relation avec la nappe alluviale de la rivière Péribonca.

En ce qui concerne les critères de recherche d'autres aquifères

profonds, il est à remarquer que plusieurs forages couronnés de succès avaient été implantés avant l'exécution de la campagne de S.E. sur des alignements remarquables de lacs d'après l'hypothèse selon laquelle la formation de ces chapelets de lacs résulterait d'une compaction différentielle des dépôts sous-jacents. Une telle hypothèse paraît vérifiée par les résultats de la prospection électrique. Il existe en effet une corrélation géographique étroite entre de tels alignements de lacs et des bandes plus ou moins étroites à conductance horizontale très faible, indiquant une diminution locale du pourcentage des éléments fins argileux et conducteurs et une proportion accrue des matériaux granulaires (sables ou graviers) résistants; des tassements de terrain se seraient donc produits le long de ces alignements de matériaux plus grossiers.

Cette hypoghèse hydrogéologique a conduit à la découverte de niveaux profonds de graviers aquifères dans les forages S-5 (Sainte-Monique), 68-47 (L'Ascension) et 69-19-21-22 (Saint-Léon de Chicoutimi). La prospection électrique pour sa part a permis de mettre en évidence une nouvelle zone d'intérêt potentiel dans la région de Saint-Nazaire-de-Chicoutimi (forage 69-27) et surtout de délimiter l'interface de la nappe salée au voisinage des zones aquifères. L'examen de la carte des résultats géoélectriques montre que la limite des argiles salées passe à environ 1 mille ou même moins des emplacements de puits d'exploitation prévus près de Sainte-Monique, l'Ascension et Saint-Léon-de-Chicoutimi, tandis que la nouvelle zone aquifère détectée au forage 69-27 de Saint-Nazaire est éloignée de près de 3 milles du plus proche contact avec les argiles salées.

Un autre forage de contrôle 69-26 n'a rencontré que des argiles à lits de sables fins stratifiés, probablement secs, donc très résistants mais sans aucun intérêt hydrogéologique.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La campagne de prospection par sondages électriques dans la région du Lac Saint-Jean a permis de tracer une carte assez précise de l'allure du toit de la roche en place, de différencier les principales formations du mort-terrain et en particulier de déterminer l'épaisseur et surtout l'extension des argiles marines très conductrices qui constituent la principale source de contamination des nappes aquifères, et enfin de délimiter une nouvelle zone résistante et aquifère dans la région de Saint-Nazaire-de-Chicoutimi.

En ce qui concerne les zones aquifères déjà connues, la prospection géophysique montre que le contact avec les argiles salées n'est guère situé qu'à un mille ou moins des puits d'exploitation envisagés près de Sainte-Monique, l'Ascension et Saint-Coeur-de-Marie. Il est à craindre que la mise en exploitation d'ouvrages importants ne vienne à rompre ultérieurement et de façon irréversible l'équilibre actuel entre les nappes d'eau douce et les eaux salées. Il convient sans doute d'envisager une limitation des débits de pompage, des études plus approfondies de l'influence de ceux-ci sur l'équilibre géochimique des nappes en présence et une surveillance à long terme des puits.

Les risques de contamination des nappes aquifères par les eaux salées paraissent moins graves dans la zone située près de Saint-Nazaire-de-Chicoutimi ainsi qu'à proximité du cours actuel de la rivière Péribonca soit au bord de l'Ascension, soit au Nord-Est de Sainte-Monique.

Enfin, il ne semble pas que la nappe salée envahisse la roche en place sur une profondeur notable, sauf peut-être dans la région située entre l'Ascension et Saint-Coeur-de-Marie où la présence d'eaux salées pourrait expliquer une conductibilité anormale de la tranche supérieure du substratum.